



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0110462
(43) 공개일자 2016년09월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G02B 26/00 (2006.01) *B81B 3/00* (2006.01)
B81C 1/00 (2006.01) *G02B 1/12* (2006.01)
G02B 26/08 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G02B 26/001 (2013.01)
B81B 3/0051 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-7022216

(22) 출원일자(국제) 2014년12월16일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2016년08월12일

(86) 국제출원번호 PCT/US2014/070630

(87) 국제공개번호 WO 2015/108649

국제공개일자 2015년07월23일

(30) 우선권주장

61/928,953 2014년01월17일 미국(US)

14/265,193 2014년04월29일 미국(US)

(71) 출원인

퀄컴 엠이엠에스 테크놀로지스, 인크.

미국 92121-1714 캘리포니아 샌디에고 모어하우스
드라이브 5775

(72) 발명자

사사가와, 테루오

미국 92121-1714 캘리포니아주 샌 디에고 모어하
우스 드라이브 5775

예, 리차드

미국 92121-1714 캘리포니아주 샌 디에고 모어하
우스 드라이브 5775

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

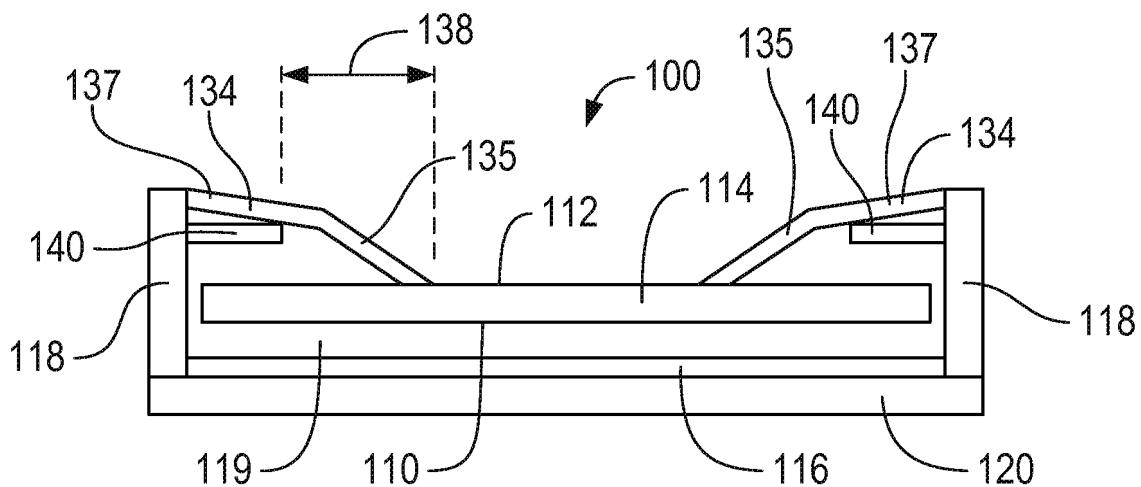
특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 26 항

(54) 발명의 명칭 넓은 모션 안정 범위를 갖는 다중-상태 간섭 변조기

(57) 요 약

본 개시물은 전기기계 디스플레이 디바이스들과 관련되는 시스템들, 방법들, 및 장치를 제공한다. 일 양상에서, 다중-스테이지 간섭 변조기(IMOD)는 상이한 반사된 컬러들을 생성하기 위해서 상이한 포지션들로 이동될 수 있는 이동가능한 리플렉터를 포함할 수 있다. IMOD는 이동가능한 리플렉터의 이면에 결합되고 이동가능한 리플렉터에 대한 지지를 제공하는 변형가능한 엘리먼트들을 포함할 수 있다. 변형가능한 엘리먼트들은 이동가능한 리플렉터를 레스팅 포지션에 바이어싱하는 복원력을 제공할 수 있다. IMOD는, 인게이징될 때 복원력을 증가시키도록 구성되는 하나 또는 그 초과의 복원력 변경자들을 포함할 수 있다. 복원력 변경자들이 이동가능한 리플렉터와 변형가능한 엘린트들 사이에 있을 수 있어, 이동가능한 리플렉터가 콘택팅 포지션으로 변위될 경우 변형가능한 엘리먼트들이 복원력 변경자들과 접촉한다.

대 표 도 - 도8

(52) CPC특허분류

B81C 1/00134 (2013.01)

G02B 1/12 (2013.01)

G02B 26/007 (2013.01)

G02B 26/0841 (2013.01)

B81B 2201/047 (2013.01)

(72) 발명자

드조르드제브, 코스타딘 디미트로브

미국 92121-1714 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우

스 드라이브 5775

팬차와흐, 흐리시케쉬 비제이쿠마르

미국 92121-1714 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우
스 드라이브 5775

명세서

청구범위

청구항 1

간접 변조기로서,

기판;

상기 기판에 의해 지지되는 광학 스택 –상기 광학 스택은 부분 반사성 및 부분 투과성임–;

상기 광학 스택 위의 이동가능한 리플렉터 –상기 이동가능한 리플렉터는 상기 광학 스택을 대면하는 전면과 상기 전면의 반대쪽에 있는 이면을 포함하고, 상기 광학 스택과 상기 이동가능한 리플렉터는 그 사이에서 광학 캐비티를 정의함–;

상기 이동가능한 리플렉터의 상기 이면에 결합되는 변형가능한 엘리먼트 –상기 변형가능한 엘리먼트는 상기 이동가능한 리플렉터를 제 1 포지션으로 바이어싱하기 위한 복원력을 제공할 수 있음–; 및

상기 이동가능한 리플렉터와 상기 변형가능한 엘리먼트 사이에 있는 복원력 변경자(modifier)를 포함하고,

상기 간접 변조기는, 상기 변형가능한 엘리먼트가 상기 복원력 변경자와 접촉할 경우 상기 복원력 변경자가 상기 변형가능한 엘리먼트의 상기 복원력을 증가시키도록 구성되는, 간접 변조기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복원력 변경자는, 상기 이동가능한 리플렉터가 상기 제 1 포지션에 있을 경우 상기 변형가능한 엘리먼트가 상기 복원력 변경자와 접촉하지 않도록, 상기 이동가능한 리플렉터가 제 2 포지션에 있을 경우 상기 변형가능한 엘리먼트가 복원력 변경자와 접촉하도록, 그리고, 상기 이동가능한 리플렉터가 제 3 포지션에 있을 경우 상기 변형가능한 엘리먼트가 상기 복원력 변경자와 접촉하도록 구성되고, 상기 제 2 포지션은 상기 제 1 포지션과 상기 제 3 포지션 사이에 있는, 간접 변조기.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 변형가능한 엘리먼트는, 상기 이동가능한 리플렉터가 상기 제 1 포지션과 상기 제 2 포지션 사이에 있을 경우 제 1 스프링 상수를 가지며, 상기 변형가능한 엘리먼트는, 상기 이동가능한 리플렉터가 상기 제 2 포지션과 상기 제 3 포지션 사이에 있을 경우 상기 제 1 스프링 상수보다 더 큰 제 2 스프링 상수를 갖는, 간접 변조기.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 간접 변조기는, 상기 이동가능한 리플렉터가 상기 제 1 포지션에 있을 경우 광의 제 1 컬러를 반사할 수 있고, 상기 간접 변조기는, 상기 이동가능한 리플렉터가 상기 제 2 포지션에 있을 경우 광의 제 2 컬러를 반사할 수 있고, 그리고 상기 간접 변조기는, 상기 이동가능한 리플렉터가 상기 제 3 포지션에 있을 경우 광의 제 3 컬러를 반사할 수 있는, 간접 변조기.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 변형가능한 엘리먼트가 상기 복원력 변경자와 접촉하지 않을 경우 상기 변형가능한 엘리먼트의 제 1 길이에 의해 상기 복원력이 적어도 부분적으로 정의되고, 그리고 상기 변형가능한 엘리먼트가 상기 복원력 변경자와 접촉할 경우 상기 변형가능한 엘리먼트의 제 2 길이에 의해 상기 복원력이 적어도 부분적으로 정의되고, 상기

제 2 길이는 상기 제 1 길이보다 더 짧은, 간접 변조기.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 복원력 변경자가 상기 변형가능한 엘리먼트와 접촉할 경우 상기 복원력은 상기 변형가능한 엘리먼트의 제 1 영역에 의해 적어도 부분적으로 정의되고, 그리고 상기 복원력 변경자가 상기 변형가능한 엘리먼트와 접촉하지 않을 경우 상기 복원력은 상기 변형가능한 엘리먼트의 상기 제 1 영역과 제 2 영역에 의해 적어도 부분적으로 정의되는, 간접 변조기.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 광학 캐비티 위로 상기 이동가능한 리플렉터를 지지하는 포스트를 더 포함하고, 상기 복원력 변경자는 상기 포스트로부터 전반적으로 수평으로 연장되는 돌출부를 포함하는, 간접 변조기.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 이동가능한 리플렉터의 상기 전면에 대해 수직인 선이 상기 복원력 변경자와 교차하는, 간접 변조기.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 간접 변조기는 상기 이동가능한 리플렉터를 상기 광학 스택을 향하게 그리고 상기 광학 스택으로부터 멀어지게 선택적으로 작동시킬 수 있는, 간접 변조기.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 복원력 변경자와 상기 이동가능한 리플렉터 사이에 가요성 엘리먼트를 더 포함하고, 상기 가요성 엘리먼트는, 상기 이동가능한 리플렉터가 상기 광학 스택으로부터 멀어지게 작동될 경우 상기 복원력을 증가시킬 수 있는, 간접 변조기.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 이동가능한 리플렉터는, 상기 이동가능한 리플렉터가 상기 광학 스택으로부터 멀어지게 작동될 경우 상기 복원력을 증가시키도록 플렉싱(flexing)할 수 있는, 간접 변조기.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

추가적인 복원력 변경자를 더 포함하고, 상기 변형가능한 엘리먼트는 상기 이동가능한 리플렉터와 상기 추가적인 복원력 변경자 사이에 있고, 상기 추가적인 복원력 변경자는, 상기 이동가능한 리플렉터가 상기 광학 스택으로부터 멀어지게 작동될 경우 상기 복원력을 증가시킬 수 있는, 간접 변조기.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

제 2 복원력 변경자를 더 포함하고, 상기 변형가능한 엘리먼트는, 상기 이동가능한 리플렉터가 제 1 콘택팅 포지션에 있을 경우 상기 복원력 변경자와 접촉할 수 있고, 상기 변형가능한 엘리먼트는, 상기 이동가능한 리플렉터가 제 1 콘택팅 포지션을 지나 편향되는 경우 상기 제 2 복원력 변경자와 접촉할 수 있고, 그리고 상기 제 2 복원력 변경자는, 상기 변형가능한 엘리먼트가 상기 제 2 복원력 변경자와 접촉할 경우 상기 복원력을 더 증가

시키는, 간접 변조기.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 이동가능한 리플렉터는 전극을 포함하고, 상기 변형가능한 엘리먼트는 상기 이동가능한 리플렉터의 상기 전극에 전기적으로 결합되는 전기 전도성 부분을 포함하는, 간접 변조기.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 이동가능한 리플렉터의 상기 전면은 상기 전극을 포함하고, 상기 이동가능한 리플렉터는 상기 이동가능한 리플렉터의 상기 이면으로부터 상기 이동가능한 리플렉터의 상기 전면으로 연장되는 전기 전도층을 포함하는, 간접 변조기.

청구항 16

장치로서,

제 1 항의 간접 변조기를 각각 포함하는 복수의 디스플레이 엘리먼트들;

상기 복수의 디스플레이 엘리먼트들과 통신할 수 있는 프로세서 –상기 프로세서는 이미지 데이터를 프로세싱할 수 있음–; 및

상기 프로세서와 통신할 수 있는 메모리 디바이스를 포함하는, 장치.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

적어도 하나의 신호를 상기 복수의 디스플레이 엘리먼트들로 전송할 수 있는 드라이버 회로; 및

상기 이미지 데이터의 적어도 일 부분을 상기 드라이버 회로로 전송할 수 있는 제어기를 더 포함하는, 장치.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 이미지 데이터를 상기 프로세서로 전송할 수 있는 이미지 소스 모듈을 더 포함하고, 상기 이미지 소스 모듈은 수신기, 트랜시버, 및 송신기 중 적어도 하나를 포함하는, 장치.

청구항 19

제 16 항에 있어서,

입력 데이터를 수신하고 상기 입력 데이터를 상기 프로세서에 통신할 수 있는 입력 디바이스를 더 포함하는, 장치.

청구항 20

간접 변조기로서,

기판;

상기 기판에 의해 지지되는 광학 스택 –상기 광학 스택은 부분 반사성 및 부분 투과성임–;

이동가능한 광 반사 수단 –상기 이동가능한 광 반사 수단은 상기 광학 스택 위에 포지셔닝되고, 상기 이동가능한 광 반사 수단은 상기 광학 스택을 대면하는 전면과 상기 전면 반대쪽에 있는 이면을 포함하고, 상기 광학 스택과 상기 이동가능한 광 반사 수단은 그 사이에서 광학 캐비티를 정의함–;

상기 이동가능한 광 반사 수단을 제 1 포지션으로 바이어싱하기 위한 수단 –상기 바이어싱하기 위한 수단은 상기 이동가능한 광 반사 수단의 상기 이면에 결합됨–; 및

상기 바이어싱 수단의 복원력을 변경하기 위한 수단을 포함하고,

복원력 변경 수단은 상기 이동가능한 광 반사 수단과 상기 바이어싱 수단 사이에 있는, 간접 변조기.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 이동가능한 광 반사 수단은 이동가능한 리플렉터를 포함하고, 상기 바이어싱 수단은 변형가능한 엘리먼트를 포함하거나, 또는 상기 복원력 변경 수단은 복원력 변경자를 포함하는, 간접 변조기.

청구항 22

간접 변조기를 제조하는 방법으로서,

기판 위에 광학 스택을 형성하는 단계;

상기 광학 스택 위에 제 1 희생층을 형성하는 단계;

상기 제 1 희생층 위에 이동가능한 리플렉터를 형성하는 단계 –상기 이동가능한 리플렉터는 상기 광학 스택과 대면하는 전면과 상기 전면 반대쪽에 이면을 가짐–;

상기 이동가능한 리플렉터 위에 제 2 희생 층을 형성하는 단계;

상기 제 2 희생층 위에 복원력 변경자를 형성하는 단계;

상기 복원력 변경자 위에 제 3 희생층을 형성하는 단계;

상기 제 3 희생층 위에 변형가능한 엘리먼트를 형성하는 단계;

상기 광학 스택과 상기 이동가능한 리플렉터가 사이에 제 1 캡을 생성하기 위해 상기 제 1 희생층을 제거하는 단계;

상기 이동가능한 리플렉터와 상기 복원력 변경자 사이에 제 2 캡을 생성하기 위해 상기 제 2 희생층을 제거하는 단계; 및

상기 복원력 변경자와 상기 변형가능한 엘리먼트 사이에 제 3 캡을 생성하기 위해 상기 제 3 희생층을 제거하는 단계를 포함하고,

상기 변형가능한 엘리먼트는 희생층들의 제거 시 상기 이동가능한 리플렉터의 상기 이면에 결합되어, 상기 변형 가능한 엘리먼트는 상기 이동가능한 리플렉터를 제 1 포지션으로 바이어싱하기 위한 복원력을 제공할 수 있고, 그리고 상기 간접 변조기는, 상기 변형가능한 엘리먼트가 상기 복원력 변경자와 접촉할 경우 상기 복원력 변경자가 상기 복원력을 증가시키도록 구성되는, 간접 변조기를 제조하는 방법.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 제 1 희생층을 제거하고, 상기 제 2 희생층을 제거하고, 그리고 상기 제 3 희생층을 제거하기 위해서 하나의 에체트가 사용되는, 간접 변조기를 제조하는 방법.

청구항 24

제 22 항에 있어서,

상기 변형가능한 엘리먼트 위에 제 4 희생층을 형성하는 단계;

상기 제 4 희생층 위에 캡슐층을 형성하는 단계; 및

상기 변형가능한 엘리먼트와 상기 캡슐층 사이에 제 4 캡을 생성하기 위해 상기 제 4 희생층을 제거하는 단계를 더 포함하는, 간접 변조기를 제조하는 방법.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

상기 희생층들에 대한 액세스를 제공하기 위해 상기 캡슐층을 통과하는 홀을 형성하는 단계를 더 포함하는, 간접 변조기를 제조하는 방법.

청구항 26

제 22 항에 있어서,

상기 이동가능한 리플렉터를 형성하는 단계는 전극을 형성하는 단계를 포함하고, 상기 변형가능한 엘리먼트를 형성하는 단계는 상기 전극에 전기적으로 결합되는 전기 전도층을 형성하는 단계를 포함하는, 간접 변조기를 제조하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시물은 이미지들을 디스플레이하기 위한 전기기계 시스템들 및 디스플레이 디바이스들에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 넓은 모션 안정 범위를 갖는 다중-상태 또는 아날로그 간접 변조기(IMOD)들에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 관련 기술의 설명

[0003] 전기기계 시스템들(EMS)은 전기 및 기계 엘리먼트들, 액추에이터들, 트랜스듀서들, 센서들, 광학 컴포넌트들 이를테면, 미러들 및 광학 필름들 및 전자 기기들을 가지는 디바이스들을 포함한다. EMS 디바이스들 또는 엘리먼트들은 마이크로스케일(microscale)들 및 나노스케일(nanoscale)들을 포함하는 (그러나, 이에 제한되지 않음) 다양한 스케일들로 제조될 수 있다. 예를 들어, 마이크로전기기계 시스템(MEMS: microelectromechanical systems) 디바이스들은 약 1 마이크론 내지 수백 마이크론 또는 그 초과의 범위의 크기들을 가지는 구조들을 포함할 수 있다. 나노전기기계 시스템(NEMS: nanoelectromechanical system) 디바이스들은, 예를 들어, 수백 나노미터들보다 더 작은 크기들을 포함하는, 1마이크론보다 더 작은 크기들을 가지는 구조들을 포함할 수 있다. 전기기계 엘리먼트들은 증착, 에칭, 리소그래피, 및/또는 증착된 재료 층들 및/또는 기판들의 일부들을 에칭하거나, 또는 층들을 추가하여 전기 및 전기기계 디바이스들을 형성하는 다른 마이크로머시닝 프로세스들을 사용하여 생성될 수 있다.

[0004] EMS 디바이스 중 한 타입이 간접계 변조기(IMOD: interferometric modulator)로 칭해진다. IMOD 또는 간접계 광 변조기라는 용어는 광학적 간접의 원리들을 사용하여 광을 선택적으로 흡수 및/또는 반사하는 디바이스를 지칭한다. 일부 구현들에서, IMOD 디스플레이 엘리먼트는 한 쌍의 전도성 플레이트들을 포함할 수 있는데, 이들 중 하나 또는 둘 다는, 완전히 또는 부분적으로, 투과성이며 그리고/또는 반사성이 될 수 있으며, 적절한 전기 신호의 인가 시에 상대적 운동(relative motion)이 가능할 수 있다. 예를 들어, 하나의 플레이트는 기판 위에 증착된, 기판 상에 증착된 또는 기판에 의해 지지되는 고정 층을 포함할 수 있고, 다른 플레이트는 에어 캡에 의해 고정 층으로부터 분리되는 반사성 멤브레인(membrane)을 포함할 수 있다. 다른 플레이트에 대한 하나의 플레이트의 위치는 IMOD 디스플레이 엘리먼트 상에 입사하는 광의 광학적 간섭을 변경시킬 수 있다. IMOD 기반 디스플레이 디바이스들은 광범위한 애플리케이션들을 가지며, 기존의 제품들을 개선하고, 새로운 제품들, 특히, 디스플레이 능력들을 가지는 제품들을 제조하는데 이용될 것으로 예상된다.

[0005] 2개의 플레이트들 사이의 거리를 변화시킴으로써 다양한 컬러들이 IMOD에 의해 출력될 수 있다. 일부 IMOD들에서, 플레이트들 중 하나 또는 둘 모두는 제한된 모션 안정 범위를 가질 수 있다. 예를 들어, 일부 경우들에서, 2개의 플레이트들 사이의 거리가 임계 값 미만일 경우, 2개의 플레이트들은 완전히 폐쇄된 포지션으로 변화될 수 있다. 제한된 모션 안정 범위는, IMOD에 의해 신뢰할 수 있게 생산될 수 있는 컬러들을 제한할 수 있다. 따라서, 넓은 모션 안정 범위를 갖는 IMOD들이 필요하다.

발명의 내용

[0006] 본 개시물의 시스템들, 방법들 및 디바이스들은 각각 몇몇 혁신적인 양상을 가지며, 이들 중 어떠한 단일의 것도 본 명세서에 개시된 바람직한 속성들에 대해서 오로지 책임이 있는 것은 아니다.

[0006] 본 개시물에 설명된 요지의 일 혁신적인 양상은 간접 변조기에서 구현될 수 있고, 간접 변조기는, 기판,

기판에 의해 지지되는 광학 스택 –상기 광학 스택은 부분 반사성 및 부분 투과성임–, 및 광학 스택 위의 이동 가능한 리플렉터를 포함할 수 있다. 이동가능한 리플렉터는 광학 스택을 대면하는 전면과 전면의 반대쪽에 있는 이면을 포함할 수 있다. 광학 스택과 이동가능한 리플렉터는 그 사이에서 광학 캐비티를 정의할 수 있다. 간접계 변조기는 이동가능한 리플렉터의 이면에 결합되는 변형가능한 엘리먼트를 포함할 수 있다. 변형가능한 엘리먼트는 이동가능한 리플렉터를 제 1 포지션으로 바이어싱하기 위한 복원력을 제공할 수 있다. 간접계 변조기는 이동가능한 리플렉터와 변형가능한 엘리먼트 사이에 있는 복원력 변경자(modifier)를 포함할 수 있고, 간접 변조기는, 변형가능한 엘리먼트가 복원력 변경자와 접촉할 경우, 복원력 변경자가, 변형가능한 엘리먼트의 복원력을 증가시키도록 구성될 수 있다.

[0008] 일부 구현들에서, 복원력 변경자는, 이동가능한 리플렉터가 제 1 포지션에 있을 경우 변형가능한 엘리먼트가 복원력 변경자와 접촉하지 않도록, 이동가능한 리플렉터가 제 2 포지션에 있을 경우 변형가능한 엘리먼트가 복원력 변경자와 접촉하도록, 그리고 이동가능한 리플렉터가 제 3 포지션에 있을 경우 변형가능한 엘리먼트가 복원력 변경자와 접촉하도록 구성되고, 제 2 포지션은 제 1 포지션과 제 3 포지션 사이에 있다.

[0009] [0008] 일부 구현들에서, 변형가능한 엘리먼트는, 이동가능한 리플렉터가 제 1 포지션과 제 2 포지션 사이에 있을 경우 제 1 스프링 상수를 가질 수 있고, 변형가능한 엘리먼트는, 이동가능한 리플렉터가 제 2 포지션과 제 3 포지션 사이에 있을 경우 제 1 스프링 상수보다 더 큰 제 2 스프링 상수를 가질 수 있다.

[0010] [0009] 일부 구현들에서, 간접 변조기는, 이동가능한 리플렉터가 제 1 포지션에 있을 경우 광의 제 1 컬러를 반사할 수 있고, 간접 변조기는, 이동가능한 리플렉터가 제 2 포지션에 있을 경우 광의 제 2 컬러를 반사할 수 있고, 그리고 간접 변조기는, 이동가능한 리플렉터가 제 3 포지션에 있을 경우 광의 제 3 컬러를 반사할 수 있다.

[0011] [0010] 일부 구현들에서, 복원력은, 변형가능한 엘리먼트가 복원력 변경자와 접촉하지 않을 경우 변형가능한 엘리먼트의 제 1 길이에 의해 적어도 부분적으로 정의될 수 있고, 복원력은, 변형가능한 엘리먼트가 복원력 변경자와 접촉할 경우 변형가능한 엘리먼트의 제 2 길이에 의해 적어도 부분적으로 정의될 수 있고, 제 2 길이는 제 1 길이보다 더 짧을 수 있다.

[0012] [0011] 일부 구현들에서, 복원력 변경자가, 변형가능한 엘리먼트와 접촉할 경우, 변형가능한 엘리먼트의 제 1 영역에 의해 복원력이 적어도 부분적으로 정의될 수 있고, 그리고 복원력 변경자가, 변형가능한 엘리먼트와 접촉하지 않을 경우, 변형가능한 엘리먼트의 제 1 영역과 제 2 영역에 의해 복원력이 적어도 부분적으로 정의될 수 있다.

[0013] [0012] 일부 구현들에서, 간접 변조기는 광학 캐비티 위로 이동가능한 리플렉터를 지지하는 포스트(post)를 더 포함하고, 복원력 변경자는 포스트로부터 전반적으로 수평으로 연장되는 돌출부를 포함할 수 있다.

[0014] [0013] 일부 구현들에서, 이동가능한 리플렉터의 전면에 대해 수직인 선이 복원력 변경자와 교차할 수 있다.

[0015] [0014] 일부 구현들에서, 간접 변조기는 이동가능한 리플렉터를 광학 스택을 향하게 그리고 광학 스택으로부터 멀어지게 선택적으로 작동시킬 수 있다.

[0016] [0015] 일부 구현들에서, 간접 변조기는 복원력 변경자와 이동가능한 리플렉터 사이에 가요성 엘리먼트를 더 포함하고, 가요성 엘리먼트는, 이동가능한 리플렉터가 광학 스택으로부터 멀어지게 작동될 경우 복원력을 증가시킬 수 있다.

[0017] [0016] 일부 구현들에서, 이동가능한 리플렉터는, 이동가능한 리플렉터가 광학 스택으로부터 멀어지게 작동될 경우 복원력을 증가시키도록 플렉싱(flexing)할 수 있다.

[0018] [0017] 일부 구현들에서, 간접 변조기는 추가적인 복원력 변경자를 더 포함할 수 있고, 변형가능한 엘리먼트는 이동가능한 리플렉터와 추가적인 복원력 변경자 사이에 있을 수 있고, 추가적인 복원력 변경자는, 이동가능한 리플렉터가 광학 스택으로부터 멀어지게 작동될 경우 복원력을 증가시킬 수 있다.

[0019] [0018] 일부 구현들에서, 간접 변조기는 제 2 복원력 변경자를 더 포함할 수 있다. 변형가능한 엘리먼트는, 이동가능한 리플렉터가 제 1 콘택팅 포지션에 있을 경우 복원력 변경자와 접촉할 수 있고, 변형가능한 엘리먼트는, 이동가능한 리플렉터가 제 1 콘택팅 포지션을 지나 편향되는 경우 제 2 복원력 변경자와 접촉할 수 있고, 그리고 제 2 복원력 변경자는, 변형가능한 엘리먼트가 제 2 복원력 변경자와 접촉할 경우 복원력을 더 증가시킬 수 있다.

[0020] [0019] 일부 구현들에서, 이동가능한 리플렉터는 전극을 포함할 수 있고, 변형가능한 엘리먼트는 이동가능한 리

플렉터의 전극에 전기적으로 결합되는 전기 전도성 부분을 포함할 수 있다.

- [0021] [0020] 일부 구현들에서, 이동가능한 리플렉터의 전면은 전극을 포함할 수 있고, 이동가능한 리플렉터는 이동가능한 리플렉터의 이면으로부터 이동가능한 리플렉터의 전면으로 연장될 수 있는 전기 전도층을 포함할 수 있다.
- [0022] [0021] 본 개시물에 설명된 요지의 다른 혁신적인 양상은 간접 변조기를 각각 포함하는 복수의 디스플레이 엘리먼트들 및 복수의 디스플레이 엘리먼트들과 통신할 수 있는 프로세서를 포함하는 장치에서 구현될 수 있다. 프로세서는 이미지 데이터를 프로세싱할 수 있다. 장치는 프로세서와 통신할 수 있는 메모리 디바이스를 포함할 수 있다.
- [0023] [0022] 일부 구현들에서, 장치는 적어도 하나의 신호를 복수의 디스플레이 엘리먼트들로 전송할 수 있는 드라이버 회로 및 이미지 데이터의 적어도 일 부분을 드라이버 회로로 전송할 수 있는 제어기를 포함할 수 있다.
- [0024] [0023] 일부 구현들에서, 장치는 이미지 데이터를 프로세서로 전송할 수 있는 이미지 소스 모듈을 포함할 수 있고, 이미지 소스 모듈은 수신기, 트랜시버 및 송신기 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0025] [0024] 일부 구현들에서, 장치는 입력 데이터를 수신하고 입력 데이터를 프로세서에 통신할 수 있는 입력 디바이스를 포함할 수 있다.
- [0026] [0025] 본 개시물에 설명된 요지의 다른 혁신적인 양상은 기판 및 기판에 의해 지지되는 광학 스택을 포함하는 간접계 변조기에서 구현될 수 있다. 광학 스택은 부분 반사성 및 부분 투과성일 수 있다. 간접계 변조기는 이동 가능한 광을 반사하기 위한 수단을 포함할 수 있고, 이동가능한 광 반사 수단은 광학 스택 위에 포지셔닝될 수 있다. 이동가능한 광 반사 수단은 광학 스택과 대면하는 전면과 전면 반대쪽에 있는 이면을 포함할 수 있다. 광학 스택과 이동가능한 광 반사 수단은 그 사이에서 광학 캐비티를 정의할 수 있다. 간접계 변조기는 이동가능한 광 반사 수단을 제 1 포지션으로 바이어싱하기 위한 수단을 포함할 수 있다. 바이어싱하기 위한 수단은 이동가능한 광 반사 수단의 이면에 결합될 수 있다. 간접계 변조기는 바이어싱 수단의 복원력을 변경하기 위한 수단을 포함할 수 있고 복원력 변경 수단은 이동가능한 광 반사 수단과 바이어싱 수단 사이에 있을 수 있다.
- [0027] [0026] 일부 구현들에서, 이동가능한 광 반사 수단은 이동가능한 리플렉터를 포함할 수 있고, 바이어싱 수단은 변형가능한 엘리먼트를 포함하고, 그리고/또는 복원력 변경 수단은 복원력 변경자를 포함할 수 있다.
- [0028] [0027] 본 개시물에 설명된 요지의 다른 혁신적인 양상은 간접 변조기를 제조하는 방법에서 구현될 수 있다. 방법은 기판 위에 광학 스택을 형성하는 단계, 광학 스택 위에 제 1 희생층을 형성하는 단계, 제 1 희생층 위에 이동가능한 리플렉터를 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 이동가능한 리플렉터는 광학 스택과 대면하는 전면과 전면 반대쪽에 이면을 가질 수 있다. 방법은 이동가능한 리플렉터 위에 제 2 희생 층을 형성하는 단계, 제 2 희생층 위에 복원력 변경자를 형성하는 단계, 복원력 변경자 위에 제 3 희생층을 형성하는 단계, 제 3 희생층 위에 변형가능한 엘리먼트를 형성하는 단계, 광학 스택과 이동가능한 리플렉터 사이에 제 1 캡을 생성하기 위해 제 1 희생층을 제거하는 단계, 이동가능한 리플렉터와 복원력 변경자 사이에 제 2 캡을 생성하기 위해 제 2 희생층을 제거하는 단계, 및 복원력 변경자와 변형가능한 엘리먼트 사이에 제 3 캡을 생성하기 위해 제 3 희생층을 제거하는 단계를 포함할 수 있다. 변형가능한 엘리먼트가 이동가능한 리플렉터를 제 1 포지션으로 바이어싱하기 위한 복원력을 제공하게 구성되도록, 변형가능한 엘리먼트는 희생층들의 제거 시 이동가능한 리플렉터의 이면에 결합될 수 있다.
- [0029] [0028] 일부 구현들에서, 간접 변조기는, 변형가능한 엘리먼트가 복원력 변경자와 접촉할 경우 복원력 변경자가 복원력을 증가시키도록 구성될 수 있다.
- [0030] [0029] 일부 구현들에서, 제 1 희생층을 제거하고, 제 2 희생층을 제거하고, 그리고 제 3 희생층을 제거하기 위해서 하나의 에체트가 사용된다.
- [0031] [0030] 일부 구현들에서, 방법은 변형가능한 엘리먼트 위에 제 4 희생층을 형성하는 단계; 제 4 희생층 위에 캡슐층을 형성하는 단계; 및 변형가능한 엘리먼트와 캡슐층 사이에 제 4 캡을 생성하기 위해 제 4 희생층을 제거하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0032] [0031] 일부 구현들에서, 방법은 희생층들에 대한 액세스를 제공하기 위해 캡슐층을 통과하는 홀을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0033] [0032] 일부 구현들에서, 이동가능한 리플렉터를 형성하는 단계는 전극을 형성하는 단계를 포함할 수 있고, 변형가능한 엘리먼트를 형성하는 단계는 전극에 전기적으로 결합되는 전기 전도층을 형성하는 단계를 포함할 수

있다.

[0034] [0033] 본 개시물에 설명된 요지의 하나 이상의 구현들의 상세들은 첨부된 도면들과 아래의 설명에 제시된다. 본 개시물에서 제공된 예들은 주로 EMS 및 MEMS-기반 디스플레이들의 관점에서 설명되었지만, 본원에서 제공되는 개념들은 액정 디스플레이들, 유기 발광 다이오드("OLED") 디스플레이들, 및 전계 발광 디스플레이들과 같은 다른 타입들의 디스플레이들에 적용될 수 있다. 다른 특징들, 양상들 및 이점들은 상세한 설명, 도면들, 및 청구범위로부터 명백해 질 것이다. 다음 도면들의 관련 치수들은 실척대로 도시되지 않을 수 있다는 것을 주목한다.

도면의 간단한 설명

[0035] [0034] 도 1은 IMOD 디스플레이 디바이스의 일련의 디스플레이 엘리먼트들 또는 디스플레이 엘리먼트들의 아래 이로 2개의 인접한 간접계 변조기(IMOD) 디스플레이 엘리먼트들을 도시하는 등각도 도면이다.

[0035] [0035] 도 2는 IMOD 디스플레이 엘리먼트들의 3×3 엘리먼트 어레이를 포함하는 IMOD 기반 디스플레이를 포함하는 전자 디바이스를 나타내는 시스템 블록도이다.

[0036] [0036] 도 3a 및 도 3e는 IMOD 디스플레이 엘리먼트들의 구현들을 변화시킨 단면도들이다.

[0037] [0037] 도 4는 IMOD 디스플레이 또는 디스플레이 엘리먼트에 대한 제조 프로세스를 도시하는 흐름도이다.

[0038] [0038] 도 5a 내지 도 5e는 IMOD 디스플레이 또는 디스플레이 엘리먼트를 제조하는 프로세스에서의 다양한 스텝 이지들의 단면도들이다.

[0039] [0039] 도 6a 및 도 6b는 EMS(electromechanical systems) 엘리먼트들의 어레이 및 백플레이트를 포함하는 EMS 패키지의 일부의 개략적인 확대 부분 사시도들이다.

[0040] [0040] 도 7은 다중-상태 IMOD의 일 예시적인 구현의 단면도이다.

[0041] [0041] 도 8은 콘택팅 포지션에 대해 작동되는 이동가능한 리플렉터를 구비하는 도 7의 다중-상태 IMOD의 단면도이다.

[0042] [0042] 도 9는 콘택팅 포지션을 지나 작동되는 이동가능한 리플렉터를 구비하는 도 7의 다중-상태 IMOD의 단면도이다.

[0043] [0043] 도 10은 선형 스프링을 지닌 IMOD에 대한 예시적인 구현에 대한 그리고 비선형 스프링을 지닌 IMOD에 대한 예시적인 구현에 대한 복원력을 도시하는 그래프이다.

[0044] [0044] 도 11은 선형 스프링을 지닌 IMOD에 대한 다른 예시적인 구현에 대한 그리고 다수의 비선형성들을 갖는 비선형 스프링을 지닌 IMOD에 대한 다른 예시적인 구현에 대한 복원력을 도시하는 그래프이다.

[0045] [0045] 도 12는 비선형 비선형성들을 지닌 비선형 스프링을 갖는 다중-상태 IMOD의 일 예시적인 구현의 단면도이다.

[0046] [0046] 도 13은 다중-상태 IMOD의 다른 예시적인 구현의 단면도이다.

[0047] [0047] 도 14은 다중-상태 IMOD의 다른 예시적인 구현의 단면도이다.

[0048] [0048] 도 15는 가요성 이동가능한 리플렉터를 지닌, 도 14의 IMOD의 단면도이다.

[0049] [0049] 도 16은 다중-상태 IMOD의 다른 예시적인 구현의 단면도이다.

[0050] [0050] 도 17은 작동 포지션에서의 도 16의 IMOD의 단면도이다.

[0051] [0051] 도 18은 다중-상태 IMOD의 제조 프로세스의 일 예시적인 구현을 도시하는 흐름도이다.

[0052] [0052] 도 19a 내지 도 19k는 다중-상태 IMOD를 제조하는 프로세스에서 다양한 스테이지들의 단면도들이다.

[0053] [0053] 도 20a 및 도 20b는 복수의 IMOD 디스플레이 엘리먼트들을 포함하는 디스플레이 디바이스를 도시하는 시스템 블록도들이다.

[0054] [0054] 다양한 도면들에서 동일한 참조 번호들 및 명칭들은 동일한 엘리먼트들을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036]

[0055] 아래의 상세한 설명은 본 개시물의 혁신적인 양상들을 설명하기 위한 특정한 구현들에 관한 것이다. 그러나, 당업자는 본원의 교시들이 다수의 상이한 방식들로 적용될 수 있다는 것을 쉽게 인식할 것이다. 설명된 구현들은, 동화상(이를테면, 비디오) 또는 정지 화상(이를테면, 스틸 이미지들)이든지 간에, 그리고 텍스트, 그래픽 또는 그림이든지 간에, 이미지를 디스플레이하도록 구성될 수 있는 임의의 디바이스, 장치 또는 시스템에서 구현될 수 있다. 더 구체적으로, 설명된 구현들이, 모바일 전화들, 멀티미디어 인터넷 인에이블 셀룰러 전화들, 모바일 텔레비전 수신기들, 무선 디바이스들, 스마트폰들, 블루투스® 디바이스들, 휴대 보조 단말기(PDA)들, 무선 전자 메일 수신기들, 핸드-헬드 또는 휴대용 컴퓨터들, 넷북들, 노트북들, 스마트북들, 태블릿들, 프린터들, 복사기들, 스캐너들, 팩시밀리 디바이스들, GPS(global positioning system) 수신기들/네비게이터들, 카메라들, 디지털 미디어 플레이어들(이를테면, MP3 플레이어들), 캠코더들, 게임 콘솔들, 손목 시계들, 시계들, 계산기들, 텔레비전 모니터들, 플랫 패널 디스플레이들, 전자 판독 디바이스들(예를 들어, e-리더들), 컴퓨터 모니터들, 오토 디스플레이들(주행기록계 및 속도계 디스플레이들 등을 포함함), 조종석 컨트롤들 및/또는 디스플레이들, 카메라 뷰 디스플레이들(예컨대, 차량의 후방 뷰 카메라의 디스플레이), 전자 사진들, 전자 계시판들 또는 간판(sign)들, 프로젝터들, 건축(architectural) 구조들, 마이크로파들, 냉장고들, 스테레오 시스템들, 카세트 레코더들 또는 플레이어들, DVD 플레이어들, CD 플레이어들, VCR들, 라디오들, 휴대용 메모리 칩들, 세탁기들, 건조기들, 세탁기/건조기들, 주차요금 징수기들(parking meters), (이를테면, 비-전자기계 시스템(EMS) 애플리케이션들은 물론, 마이크로전자기계 시스템(MEMS) 애플리케이션들을 비롯한 전자기계 시스템(EMS) 애플리케이션들에서의) 패키징, 심미적 구조들(이를테면, 한점의 보석 또는 의류 상의 이미지들의 디스플레이) 및 다양한 EMS 디바이스들과 같은, (그러나, 이들에 제한되지 않음) 다양한 전자 디바이스들에 포함되거나 또는 이들과 연관될 수 있다는 점이 참작된다. 본원에서의 교시들은 또한, 전자 스위칭 디바이스들, 무선 주파수 필터들, 센서들, 가속도계들, 자이로스코프들, 움직임-감지 디바이스들, 자력계들, 가전제품에 대한 관성 컴포넌트들, 가전제품 물건들의 부품들, 베액터들, 액정 디바이스들, 전기영동 디바이스들, 구동 방식들, 제조 프로세스들, 및 전자 테스트 장비와 같은 (그러나, 이들에 제한되지 않음) 비-디스플레이 애플리케이션들에서 사용될 수 있다. 따라서, 교시들은 도면들에 단독으로 도시한 구현들로 제한되는 것으로 의도되는 것이 아니라, 대신에, 당업자에게 쉽게 명백할 바와 같이, 넓은 응용가능성을 가진다.

[0037]

[0056] 다중-상태 또는 아날로그 IMOD에서, 이동가능한 리플렉터는 다양한 상이한 컬러들(예를 들어, 적색, 녹색, 청색, 백색 및/또는 흑색)을 생성하기 위해서 (예를 들어, 하나 또는 그 초파의 전극들에 상이한 레벨들의 전압을 인가함으로써) 다양한 상이한 포지션들로 구동될 수 있다. 이동가능한 리플렉터는, 광학 캐비티의 높이보다 더 작은 이동 안정 범위를 가질 수 있다. 예를 들어, 이동가능한 리플렉터는 인가되는 전압이 증가함에 따라 전극을 향해 당겨질 수 있다. 모션 안정 범위 내에서, 이동가능한 리플렉터는 (예를 들어, 인가되는 전압을 변화시킴으로써) 다양한 상이한 포지션들에서 적소에 유지될 수 있다. 일부 포인트에서, 이동가능한 리플렉터는, 이동가능한 리플렉터 상의 정전기력이 이동가능한 리플렉터를 지지하는 메커니즘에 의해 제공되는 복원력보다 더 큰 불안정성 포인트에 도달한다. 이때, 이동가능한 리플렉터는 (예를 들어, 내부에서 광학 캡이 폐쇄되는) 완전 작동 포지션으로 작동할 수 있다.

[0038]

[0057] 본원에 개시되는 다양한 구현들은 더 넓은 모션 안정 범위를 갖는 다중-상태 IMOD와 관련된다. IMOD는 이동가능한 리플렉터를 지지하는 하나 또는 그 초파의 변형가능한 엘리먼트들을 포함할 수 있고, 그리고 이 변형가능한 엘리먼트들은 이동가능한 리플렉터를 레스팅 포지션(resting position)을 향해 바이어싱시킬 수 있다. 이동가능한 리플렉터는 또한 흔히 이동가능한 미러(또는 단순히, 미러)로 지칭된다. 이동가능한 리플렉터가 레스팅 포지션으로부터 멀어지는 경우, 변형가능한 엘리먼트들은 비선형 복원력을 이동가능한 리플렉터에 제공할 수 있다. 이동가능한 미러가 전극에 가깝게 끌어당겨지고 정전기력들이 증가함에 따라, 비선형 복원력이 마찬가지로 증가할 수 있음으로써, 이동가능한 미러에 대한 안정한 모션 범위를 연장시킨다. 이동가능한 미러에 대한 안정한 모션 범위를 연장시키는 것은 IMOD에 의해 신뢰할 수 있게 생성될 수 있는 컬러들의 범위를 증가시킬 수 있다. 변형가능한 엘리먼트들은 이동가능한 리플렉터의 이면에 결합될 수 있다. 이와 같이, 변형가능한 엘리먼트들은 비하인드 미러 힌지들(behind mirror hinges)로 지칭될 수 있다. 변형가능한 엘리먼트들이 이동가능한 리플렉터 뒤에 배치될 수 있기 때문에, 이동가능한 리플렉터는 IMOD 영역의 상당 부분을 채울 수 있으며, 이는 IMOD의 그리고/또는 IMOD들을 포함하는 디스플레이의 충전율(fill factor)을 개선할 수 있다. 디스플레이의 충전율은 디스플레이의 광학적 활성 영역 대 디스플레이의 전체 영역의 비로서 정의될 수 있다. IMOD의 충전율은 IMOD의 광학적 활성 영역 대 IMOD의 전체 영역의 비로서 정의될 수 있다.

[0039]

[0058] 다양한 구현들에서, 다중-상태 IMOD는, 변형가능한 엘리먼트들에 의해 제공되는 복원력을 변경하도록 구성될 수 있는 복원력 변경자를 포함할 수 있다. 예를 들어, 복원력 변경자는, 이동가능한 리플렉터가 레스팅

포지션에 또는 레스팅 포지션 근처에 있을 경우 변형가능한 엘리먼트들과 접촉하지 않을 수 있다. 이동가능한 리플렉터는, 이 이동가능한 리플렉터가 콘택팅 포지션(contacting position)으로 변위될 경우 복원력 변경자와 접촉할 수 있다. 이동가능한 리플렉터가 콘택팅 포지션을 지나 변위되는 경우 복원력 변경자는 변형가능한 엘리먼트들의 복원력을 증가시킬 수 있다. 복원력은 콘택팅 포지션에서 비선형일 수 있다. 하나 또는 그 초과의 변형가능한 엘리먼트들은, 예를 들어, 하나 또는 그 초과의 캔틸레버 스프링들로서 기능할 수 있다. 변형가능한 엘리먼트가 복원력 변경자와 접촉하지 않는 경우, 변형가능한 엘리먼트는 제 1 스프링 상수를 가질 수 있고, 변형가능한 엘리먼트가 복원력 변경자와 접촉할 경우, 변형가능한 엘리먼트는 제 1 스프링 상수보다 더 큰 제 2 스프링 상수를 가질 수 있다. 복원력 변경자는 이동가능한 리플렉터 뒤에 포지셔닝될 수 있다. 예를 들어, 복원력 변경자는 이동가능한 리플렉터와 변형가능한 엘리먼트 사이에서 포지셔닝될 수 있다. 일부 구현들에서, 복원력 변경자는 일반적으로, 변형가능한 엘리먼트와 이동가능한 리플렉터 사이의 공간으로 연장되는 수평 돌출부일 수 있다. 복원력 변경자는 이동가능한 리플렉터에 대한 지지를 제공하는 포스트로부터 연장될 수 있다. 일부 구현들에서, 변형가능한 엘리먼트는 복원력 변경자 위의 위치에서 포스트로부터 연장될 수 있다.

[0040]

[0059] 일부 구현들에서, 이동가능한 리플렉터는 제 1 방향으로 (예를 들어, 광학 스택을 향해) 그리고 제 2 방향으로 (예를 들어, 광학 스택으로부터 멀어지게) 작동될 수 있다. 제 1 방향 및 제 2 방향으로 IMOD를 작동시킴으로써, 추가적인 컬러들이 생성될 수 있다. 변형가능한 엘리먼트들은, 이동가능한 리플렉터가 제 1 방향으로 그리고/또는 제 2 방향으로 작동되는 경우 비선형 복원력을 생성할 수 있다. 일부 구현들에서, 제 1 돌출부가 변형가능한 엘리먼트 아래에 있을 수 있고 이동가능한 리플렉터가 하향으로 (예를 들어, 광학 스택을 향해) 작동되는 경우 복원력을 변경시킬 수 있다. 제 2 돌출부는 변형가능한 엘리먼트 위에 있을 수 있고, 이동가능한 리플렉터가 상향으로 (예를 들어, 광학 스택에서 멀어지게) 작동되는 경우 복원력을 변경시킬 수 있다. 일부 구현들에서, 가요성 엘리먼트는 이동가능한 리플렉터와 복원력 변경자 사이에 있을 수 있고, 이동가능한 리플렉터가 상향을 향해 (예를 들어, 광학 스택으로부터 멀어지게) 이동됨에 따라 가요성 엘리먼트가 이동가능한 리플렉터와 복원력 변경자 사이에서 압축될 수 있음으로써, 레스팅 포지션을 향하여 복원력을 증가시킨다. 일부 구현들에서, 이동가능한 리플렉터는 가요성일 수 있고, 이동가능한 리플렉터의 플렉싱(flexing)은 레스팅 포지션을 향해 복원력을 증가시킬 수 있다.

[0041]

[0060] 본 개시물에 설명된 요지의 특정 구현들은, 다음 잠재적인 이점들 중 하나 이상의 것을 실현하도록 구현될 수 있다. 예를 들어, 본원에 개시된 다양한 IMOD들은 광범위한 컬러들을 생성하는데 사용될 수 있다. 일부 경우들에서, 하나의 IMOD는, 디스플레이 디바이스 상에 이미지를 디스플레이하는데 유용할 수 있는 컬러들의 세트를 생성하기 위해서 (공간적으로 또는 시간적으로) 결합될 수 있는 원색들(예를 들어, 적색, 녹색, 청색)을 생성하는데 사용될 수 있다. 일부 경우들에서, 하나의 IMOD가 다수의 포지션들에 대해 안정하게 작동될 수 있으므로, IMOD는 디스플레이 디바이스 상에 이미지들을 디스플레이하는데 유용할 수 있는 컬러들의 세트를 생성할 수 있다. 예를 들어, IMOD는 3개, 5개, 10개, 25개, 50개, 100개, 1000개, 또는 그 보다 많은 포지션들에 대해 안정하게 작동될 수 있고, 일부 경우들에서, IMOD는 무한대에 가까운 다수의 포지션들에 대해 안정하게 작동될 수 있다. 본원에 개시된 다양한 구현들은 큰 충전율을 갖는 디스플레이를 제조하는데 사용될 수 있다. 큰 충전율은 디스플레이의 휙도를 개선할 수 있고 이미지 품질을 향상시킬 수 있다.

[0042]

[0061] 설명된 구현들이 적용될 수 있는 적절한 EMS 또는 MEMS 디바이스 또는 장치의 예는 반사형 디스플레이 디바이스이다. 반사형 디스플레이 디바이스들은, 광학적 간섭의 원리들을 이용하여 상부의 광 입사를 선택적으로 흡수하고 그리고/또는 반사하도록 구현될 수 있는 IMOD(interferometric modulator) 디스플레이 엘리먼트들을 포함할 수 있다. IMOD 디스플레이 엘리먼트들은, 부분 광 흡수체, 흡수체에 대하여 이동가능한 리플렉터, 및 흡수체와 리플렉터 사이에 적어도 부분적으로 정의된 광학 공진 캐비티를 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 리플렉터는 광학 공진 캐비티의 사이즈를 변경시킴으로써 IMOD의 반사율에 영향을 미칠 수 있는 2 이상의 상이한 포지션들로 이동될 수 있다. IMOD 디스플레이 엘리먼트들의 반사 스펙트럼은, 상이한 컬러들을 발생시키기 위해 가시성 파장들에 걸쳐 시프트될 수 있는 상당히 넓은 스펙트럼 대역들을 생성할 수 있다. 스펙트럼 대역의 포지션은 광학 공진 캐비티의 두께를 변화시킴으로써 조절될 수 있다. 광학 공진 캐비티를 변화시키는 하나의 방법은 흡수체에 대하여 리플렉터의 포지션을 변경시키는 것이다.

[0043]

[0062] 도 1은 IMOD 디스플레이 디바이스의 일련의 디스플레이 엘리먼트들 또는 디스플레이 엘리먼트들의 어레이로 2개의 인접한 간섭계 변조기(IMOD) 디스플레이 엘리먼트들을 도시하는 등각도 도면이다. IMOD 디스플레이 디바이스는 하나 또는 그 초과의 간섭계 EMS, 이를 테면, MEMS, 디스플레이 엘리먼트를 포함한다. 이러한 디바이스들에서, 간섭계 MEMS 디스플레이 엘리먼트들은 밝거나 또는 어두운 상태로 구성될 수 있다. 밝은("릴렉스(relaxed)", "개방(open)" 또는 "온(on)" 등) 상태에서, 디스플레이 엘리먼트는 입사 가시광의 상당 부분을 반

사한다. 반대로, 어두운("작동(actuated)", "폐쇄(closed)" 또는 "오프(off)" 등) 상태에서, 디스플레이 엘리먼트는 입사 가시광을 거의 반사하지 않는다. MEMS 디스플레이 엘리먼트들은 블랙 앤 화이트(black and white) 이외에도 컬러 디스플레이를 가능하게 하는 특정한 광의 파장들에서 대부분 반사하도록 구성될 수 있다. 일부 구현들에서, 다수의 디스플레이 엘리먼트들을 사용함으로써, 회색 그림자들 및 원색들의 다양한 강도들이 달성될 수 있다.

[0044]

[0063] IMOD 디스플레이 디바이스는 로우(raw) 및 컬럼(column)으로 배열될 수 있는 IMOD 디스플레이 엘리먼트들의 어레이를 포함할 수 있다. 어레이의 각 디스플레이 엘리먼트는, 에어 캡(또한 광학 캡, 캐비티 또는 광학 공진 캐비티로 지칭됨)을 형성하기 위해, 서로로부터 가변적이고 제어 가능한 거리에 위치된 적어도 한 쌍의 반사 및 부분 반사층들, 이를테면, 이동가능한 반사층(즉, 기계적 층으로도 지칭되는 이동가능한 층) 및 고정된 부분적 반사층(즉, 고정 층)을 포함할 수 있다. 이동가능한 반사층은 적어도 2개의 포지션들 사이에서 이동될 수 있다. 예를 들어, 제 1 포지션에서, 즉, 릴렉스 포지션에서, 이동가능한 반사층은 고정된 부분 반사층으로부터 멀어져서 위치될 수 있다. 제 2 포지션, 즉, 작동 포지션에서, 이동가능한 반사층은 부분적 반사층에 더 가깝게 위치될 수 있다. 2개의 층들로부터 반사되는 입사광이 입사광의 파장(들) 및 이동가능한 반사층의 포지션에 따라 보강적으로(constructively) 및/또는 상쇄적으로(destructively) 간섭할 수 있어, 각 디스플레이 엘리먼트에 대한 전반사(overall reflective) 또는 무반사(non-reflective) 상태를 생성한다. 일부 구현들에서, 디스플레이 엘리먼트는 비작동일 때 반사 상태에 있을 수 있어 가시적인 스펙트럼 내에서 광을 반사하며, 작동 일 때 어두운 상태에 있을 수 있어, 가시 범위 내의 광을 흡수하고 그리고/또는 상쇄적으로 간섭한다. 그러나, 일부 다른 구현들에서, IMOD 디스플레이 엘리먼트는 비작동일 때 어두운 상태에 있을 수 있고, 작동일 때 반사 상태에 있을 수도 있다. 일부 구현들에서, 인가 전압의 도입이 디스플레이 엘리먼트들을 구동하여 상태들을 변화시킬 수 있다. 일부 다른 구현들에서, 인가 전하가 디스플레이 엘리먼트들을 구동하여 상태들을 변화시킬 수 있다.

[0045]

[0064] 도 1의 어레이의 도시된 부분은 IMOD 디스플레이 엘리먼트들(12)의 형태인 2개의 인접한 간섭계 MEMS 디스플레이 엘리먼트들을 포함한다. (도시된 바와 같이) 우측의 디스플레이 엘리먼트(12)에서, 이동가능한 반사층(14)은 광학 스택(16) 근처의, 이에 인접한 또는 이에 접촉한 작동 포지션에 도시된다. 우측의 디스플레이 엘리먼트(12)에 걸리게 인가된 전압(V_{bias})은 작동 포지션으로 이동가능한 반사층(14)을 이동 및 또한 유지하기에 충분하다. (도시된 바와 같이) 좌측의 디스플레이 엘리먼트(12)에서, 이동가능한 반사층(14)은, 부분적 반사층을 포함하는 광학 스택(16)으로부터 멀어진 (멀어진 거리는 설계 파라미터에 기반하여 미리결정될 수 있음) 릴렉스 포지션에 도시되어 있다. 좌측의 디스플레이 엘리먼트(12)에 걸리게 인가된 전압(V_0)은 우측의 디스플레이 엘리먼트(12)의 이동가능한 반사층(14)과 같이 이동가능한 반사층(14)이 작동 포지션으로 작동하게 하기에는 불충분하다.

[0046]

[0065] 도 1에서, IMOD 디스플레이 엘리먼트(12)의 반사 특성들은 일반적으로, IMOD 디스플레이 엘리먼트들(12) 상에 입사하는 광(13), 및 좌측의 디스플레이 엘리먼트(12)로부터 반사하는 광(15)을 나타내는 화살표들로 예시된다. 디스플레이 엘리먼트들(12)상에 입사하는 대부분의 광(13)이 투명 기판(20)을 투과해서 광학 스택(16) 쪽으로 향할 수 있다. 광학 스택(16) 상에 입사하는 광의 일부가 광학 스택(16)의 부분적 반사층을 투과할 것이고, 일부는 투명 기판(20)을 통해 다시 반사될 수 있다. 광학 스택(16)을 투과한 광(13)의 일부는 다시 투명 기판(20)을 향해 (그리고 이를 통해) 이동가능한 반사층(14)으로부터 반사될 수 있다. 광학 스택(16)의 부분적 반사층으로부터 반사되는 광과 이동가능한 반사층(14)으로부터 반사되는 광 사이의 간섭(보강 및/또는 상쇄)은 디바이스의 뷰잉 또는 기판 측 상의 디스플레이 엘리먼트(12)로부터 반사된 광(15)의 파장(들)의 강도를 부분적으로 결정할 것이다. 일부 구현들에서, 투명 기판(20)은 유리 기판(때때로 유리 플레이트 또는 패널로 지칭됨)일 수 있다. 유리기판은 예를 들어, 봉규산 유리, 소다 석회 유리, 석영, 파이렉스 또는 다른 적절한 유리 재료이거나 이를 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 유리 기판은 0.3, 0.5 또는 0.7 밀리미터의 두께를 가질 수 있지만, 일부 구현들에서 유리 기판은 (수십 밀리미터와 같이) 더 두껍거나 (0.3밀리미터 미만과 같이) 더 얇을 수 있다. 일부 구현들에서, 비유리 기판, 이를테면 폴리 카보네이트, 아크릴, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET) 또는 폴리에테르 에테르(PEEK) 기판이 사용될 수 있다. 이러한 구현에서, 비유리 기판은 아마도 0.7 밀리미터 미만의 두께를 가질 수 있지만, 기판은 설계 고려사항들에 따라 더 두꺼울 수 있다. 일부 구현들에서, 불투명 기판, 이를테면, 금속 호일 또는 스테인리스 스틸계 기판이 사용될 수 있다. 예를 들어, 부분적으로 투과적이고 부분적으로 반사적인 이동가능한 층 및 고정 반사층을 포함하는 리버스-IMOD 기반 디스플레이가 도 1의 디스플레이 엘리먼트들(12)로서 기판의 반대쪽으로부터 보여지도록 구성될 수 있고 불투명 기판에 의해 지지될 수 있다.

[0047]

[0066] 광학 스택(16)은 단일 층 또는 여러 층들을 포함할 수 있다. 층(들)은 전극 층, 부분적 반사 및 부분적 투과 층 및 투명 유전체 층 중 하나 또는 그 초과를 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 광학 스택(16)은 전기적으로 전도성이고, 부분적으로 투명하고, 부분적으로 반사성이고, 예를 들어, 상기 층들 중 하나 또는 그 초과를 투명 기판(20)상에 중착함으로써 제조될 수 있다. 전극 층은 다양한 재료들, 예컨대 다양한 금속들, 예를 들어, 인듐 주석 산화물(ITO)로부터 형성될 수 있다. 부분적 반사층은, 다양한 금속들(예를 들어, 크롬 및/또는 몰리브덴), 반도체들 및 유전체들과 같이 부분적으로 반사성인 다양한 재료들로 형성될 수 있다. 부분적 반사층은 재료들의 하나 또는 그 초과의 층들로 형성될 수 있고, 층들 각각은 단일 재료 또는 재료들의 조합으로 형성될 수 있다. 일부 구현들에서, 광학 스택(16)의 특정 부분들은 부분적 광 흡수체(optical absorber) 및 전기 도체 둘 다로서 역할을 하는 금속 또는 반도체의 단일 반투명 두께를 포함할 수 있지만, (예를 들어, 광학 스택(16) 또는 디스플레이 엘리먼트의 다른 구조들의) 서로 다른, 전기적으로 더욱 전도성인 층들 또는 부분들이 IMOD 디스플레이 엘리먼트들 사이에서 신호들을 버싱(bus)하는 역할을 할 수 있다. 광학 스택(16)은 또한 하나 또는 그 초과의 전도 층들 또는 전기적으로 전도성/부분적 흡수성인 층을 커버하는 하나 또는 그 초과의 절연 또는 유전체 층들을 포함할 수 있다.

[0048]

[0067] 일부 구현들에서, 광학 스택(16)의 층(들) 중 적어도 일부는 별별 스트립들로 패터닝될 수 있고, 아래에 추가로 설명되는 바와 같이, 디스플레이 디바이스에서 로우 전극들을 형성할 수 있다. 당업자에 의해 이해될 바와 같이, 용어 "패터닝(patterned)"은 에칭 프로세스들 뿐만 아니라 마스킹을 지칭하는 것으로 본원에서 사용된다. 일부 구현들에서, 알루미늄(AI)과 같은 높은 전도성 및 반사성 재료가 이동가능한 반사층(14)에 사용될 수 있고, 이를 스트립들은 디스플레이 디바이스에서 컬럼 전극들을 형성할 수 있다. 이동가능한 반사층(14)은 중착된 금속 층 또는 금속 층들의 일련의 평행한 스트립들(광학 스택(16)의 로우 전극들에 직교함)로서 형성되어, 지지부들, 이를테면, 도시된 포스트들(18)의 상부에 중착된 컬럼들 및 포스트들(18) 사이에 위치된 중간 희생 재료를 형성할 수 있다. 희생 재료가 에칭될 때, 이동가능한 반사층(14)과 광학 스택(16) 사이에, 한정된 캡(19), 또는 광학 캐비티가 형성될 수 있다. 일부 구현들에서, 포스트들(18) 사이의 간격(spacing)은 대략 1내지 $1000\mu\text{m}$ 일 수 있지만, 대략적으로 캡(19)은 10,000 옹스트롬(Å) 미만일 수 있다.

[0049]

[0068] 일부 구현들에서, 작동 상태이든 또는 텔렉스 상태이든 간에, 각각의 IMOD 디스플레이 엘리먼트는 고정 및 이동 반사층들에 의해 형성된 캐페시터로 간주될 수 있다. 어떠한 전압도 인가되지 않을 때, 이동가능한 반사층(14)은 이동가능한 반사층(14)과 광학 스택(16) 사이에 캡(19)을 가진 채로, 도 1의 좌측의 디스플레이 엘리먼트(12)에 의해 예시되어 있는 바와 같이, 기계적으로 텔렉스 상태로 유지된다. 그러나, 전위차, 즉, 전압이 선택된 로우 및 컬럼 중 적어도 하나에 인가될 때, 대응하는 디스플레이 엘리먼트에서 로우와 컬럼 전극들의 교차점에 형성된 캐페시터는 충전되고, 정전기력들은 전극들을 서로 끌어당긴다. 인가 전압이 임계치를 초과하면, 이동가능한 반사층(14)은 변형되어 광학 스택(16) 근처로 또는 광학 스택(16)과 맞닿게 이동할 수 있다. 광학 스택(16)내의 유전체 층(미도시)은, 도 1의 우측의 작동된 디스플레이 엘리먼트(12)에 의해 예시된 바와 같이, 층들(14 및 16) 간의 단락을 방지하고 이를 간의 분리 거리를 제어할 수 있다. 이 거동(behavior)은 인가된 전위차의 극성에 관계없이 동일할 수 있다. 일부 경우들에서, 어레이에서의 일련의 디스플레이 엘리먼트들을 "로우" 또는 컬럼"으로 칭할 수 있지만, 당업자는 일 방향을 "로우"로 칭하고 다른 방향을 "컬럼"으로 칭하는 것이 임의적이라는 것을 쉽게 이해할 것이다. 다시 말해, 일부 배향들에서, 로우들은 컬럼들로 고려될 수 있고, 컬럼들은 로우들로 고려될 수 있다. 일부 구현들에서, 로우들이 "공통" 라인들로 지칭될 수 있고 컬럼들이 "세그먼트" 라인들로 지칭될 수 있으며, 그 반대도 마찬가지이다. 또한, 디스플레이 엘리먼트들은 직교 로우들 및 컬럼들("어레이")로 균일하게 배열될 수 있거나, 예를 들어, 서로에 관하여 특정한 포지션 오프셋들을 갖는 비선형 구성들("모자이크")로 배열될 수 있다. 용어들 "어레이" 및 "모자이크"는 각 구성을 지칭할 수 있다. 따라서, 디스플레이를 "어레이" 또는 "모자이크"를 포함하는 것으로 지칭되더라도, 엘리먼트들 자체가, 어느 경우에 있어서는, 서로 직교로 배열되거나 균일한 분포로 배치되지 않아도 되지만, 비대칭 형상들 및 불균일하게 분포된 엘리먼트들을 갖는 배열들을 포함할 수 있다.

[0050]

[0069] 도 2는 IMOD 디스플레이 엘리먼트들의 3×3 엘리먼트 어레이를 포함하는 IMOD 기반 디스플레이를 포함하는 전자 디바이스를 나타내는 시스템 블록도이다. 전자 디바이스는 하나 또는 그 초과의 소프트웨어 모듈들을 실행하도록 구성될 수 있는 프로세서(21)를 포함한다. 운영 시스템의 실행에 부가하여, 프로세서(21)는 웹 브라우저, 전화 애플리케이션, 이메일 프로그램, 또는 임의의 다른 소프트웨어 애플리케이션을 포함하는 하나 또는 그 초과의 소프트웨어 애플리케이션을 실행하도록 구성될 수 있다.

[0051]

[0070] 프로세서(21)는 어레이 드라이버(22)와 통신하도록 구성될 수 있다. 어레이 드라이버(22)는 신호들을 예를 들어, 디스플레이 어레이 또는 패널(30)에 제공하는 로우 드라이버 회로(24) 및 컬럼 드라이버 회로(26)를

포함할 수 있다. 도 1에 예시된 IMOD 디스플레이 디바이스의 단면이 도 2의 라인 1-1에 의해 도시된다. 도 2가 명확화를 위해 IMOD 디스플레이 엘리먼트들의 3×3 어레이를 도시하지만, 디스플레이 어레이(30)는 매우 많은 수의 IMOD 디스플레이 엘리먼트들을 포함할 수 있고, 로우들에서, 컬럼들에서와는 상이한 수의 IMOD 디스플레이 엘리먼트들을 가질 수 있고, 그 반대도 가능하다.

[0052] [0071] IMOD 디스플레이들 및 디스플레이 엘리먼트들의 구조의 상세사항들은 광범위하게 변할 수 있다. 도 3a 내지 도 3e는 IMOD 디스플레이 엘리먼트들의 여러(varying) 구현들의 단면도들이다. 도 3a는 IMOD 디스플레이 엘리먼트의 단면도이고, 여기서, 금속 재료의 스트립은 기판(20)으로부터 일반적으로 직교하게 연장되는 지지부들(18) 상에 중착되어 이동가능한 반사층(14)을 형성한다. 도 3b에서, 각 IMOD 디스플레이 엘리먼트의 이동가능한 반사층(14)은 일반적으로 정사각형 또는 직사각형 형상이고, 테더(tether)(32)들을 통해, 코너들에 있는 또는 그 근처에 있는 지지부들에 부착된다. 도 3c에서, 이동가능한 반사층(14)은 일반적으로 정사각형 또는 직사각형 형상이고, 플렉시블 금속(flexible metal)을 포함할 수 있는 변형가능한 층(34)으로부터 현수(suspend)되어 있다. 변형가능한 층(34)은 직접적으로 또는 간접적으로, 이동가능한 반사층(14)의 주변부 주위에서 기판(20)에 연결될 수 있다. 본원에서, 이들 연결들은 "집적된" 지지부들 또는 지지 포스트들(18)의 구현으로 지칭된다. 도 3c에 도시된 구현은, 이동가능한 반사층(14)의 광학적 기능들을 이들의 기계적 기능들로부터 분리함으로써 유도되는 추가의 이점들을 갖는데, 기계적 기능은 변형가능한 층(34)에 의해 수행된다. 이러한 분리는 이동가능한 반사층(14)에 대해 사용되는 구조적 설계 및 재료들 그리고 변형가능한 층(34)에 대해 사용되는 구조적 설계 및 재료들이 서로 독립적으로 최적화되게 한다.

[0053] [0072] 도 3d는 이동가능한 반사층(14)이 반사 서브층(14a)을 포함하는 IMOD 디스플레이 엘리먼트의 다른 단면도이다. 이동가능한 반사층(14)은 지지 포스트들(18)과 같은 지지 구조 상에 놓인다. 지지 포스트들(18)은 예시된 IMOD 디스플레이 엘리먼트의 광학 스택(16)의 일부일 수 있는 하부 고정 전극으로부터 이동가능한 반사층(14)의 분리를 제공할 수 있다. 예를 들어, 이동가능한 반사층(14)이 릴렉스 포지션에 있을 때 캡(19)이 이동 가능한 반사층(14)과 광학 스택(16) 사이에 형성된다. 이동가능한 반사층(14)은 또한, 전극으로 역할을 하도록 구성될 수 있는 전도 층(14c) 및 지지 층(14b)을 포함할 수 있다. 본 예에서, 전도 층(14c)은 기판(20)으로부터 먼(distal) 지지 층(14b)의 일측 상에 배치되고, 반사 서브층(14a)은 기판(20)에 인접한 지지 층(14b)의 다른 측상에 배치된다. 일부 구현들에서, 반사 서브층(14a)은 전도성일 수 있고 지지 층(14b)과 광학 스택(16) 사이에 배치될 수 있다. 지지 층(14b)은 유전체 재료, 예를 들어, 실리콘 산질화물(SiON) 또는 실리콘 이산화물(SiO_2)의 하나 또는 그 초과의 층들을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 지지 층(14b)은 예를 들어, $\text{SiO}_2/\text{SiON}/\text{SiO}_2$ 삼중층(tri-layer) 스택과 같은 층들의 스택일 수 있다. 반사 서브층(14a) 및 전도 층(14c) 중 어느 하나 또는 둘 다는, 예를 들어, 약 0.5% 구리(Cu)를 갖는 알루미늄(Al) 합금, 또는 다른 반사성 금속 재료를 포함할 수 있다. 유전체 지지 층(14b) 위 아래에 전도 층들(14a 및 14c)을 채용하는 것은 스트레스(stress)들의 균형을 유지할 수 있고 강화된 전도성을 제공할 수 있다. 일부 구현들에서, 반사 서브층(14a) 및 전도 층(14c)은, 이동가능한 반사층(14)내에서 특정한 스트레스 파일들을 달성하는 것과 같은, 다양한 설계 목적들을 위해 상이한 재료들로 형성될 수 있다.

[0054] [0073] 도 3d에 예시되어 있는 바와 같이, 일부 구현들은 또한 블랙 마스크 구조(23) 또는 어두운 필름 층들을 포함할 수 있다. 블랙 마스크 구조(23)는 주변 광 또는 미광(stray light)을 흡수하기 위해 광학적 비활성 영역들에(이를테면, 디스플레이 엘리먼트들 사이 또는 지지 포스트들(18) 아래에) 형성될 수 있다. 블랙 마스크 구조(23)는 또한, 광이 디스플레이의 비활성 부분들로부터 반사되거나 그를 투과하는 것을 억제함으로써 디스플레이 디바이스의 광학 특성들을 향상시켜, 콘트라스트비(contrast ratio)를 증가시킬 수 있다. 추가로, 블랙 마스크 구조(23)의 적어도 일부분들은 전도성일 수 있고 전기적 버싱(bussing) 층(electrical bussing layer)으로서 역할을 하도록 구성될 수 있다. 일부 구현들에서, 로우 전극들은 블랙 마스크 구조(23)에 연결되어 연결된 로우 전극의 저항을 감소시킬 수 있다. 블랙 마스크 구조(23)는 중착 및 패터닝 기법들을 포함하는 다양한 방법들을 사용하여 형성될 수 있다. 블랙 마스크 구조(23)는 하나 또는 그 초과의 층들을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 블랙 마스크 구조(23)는 에탈론(etalon) 또는 간섭계 스택 구조일 수 있다. 예를 들어, 일부 구현들에서, 간섭계 스택 블랙 마스크 구조(23)는, 광학적 흡수체로서 역할을 하는 몰리브덴-크롬(MoCr)층, SiO_2 층, 및 리플렉터 및 버싱 층으로서 역할을 하는 알루미늄 합금을 포함하며, 이들 각각은 약 30-80 Å, 500-1000 Å, 및 500-6000 Å 범위의 두께를 갖는다. 하나 또는 그 초과의 층들은, 예를 들어, MoCr 및 SiO_2 층들에 대해 테트라플루오로메탄(또는 사불화 탄소, CF_4) 및/또는 산소(O_2) 그리고 알루미늄 합금 층에 대해 염소(Cl_2) 및/또는 삼염화 봉소(BCl_3)의 사용을 포함하는 건조 에칭 및 포토리소그래피를 포함하는 다양한 기법들을 사용하

여 패터닝될 수 있다. 이러한 간접계 스택 블랙 마스크 구조들(23)에서, 전도성 흡수체들은 각 로우 또는 컬럼의 광학 스택(16)에서의 하부 고정 전극들 사이에서 신호들을 송신하거나 버싱하는데 사용될 수 있다. 일부 구현들에서, 스페이서 층(35)은 일반적으로, 광학 스택(16)의 전극들(또는 전도체들)(이를테면, 흡수체 층(16a))을 블랙 마스크 구조(23)의 전도 층들로부터 전기적으로 절연시키는 역할을 할 수 있다.

[0055] [0074] 도 3e는 이동가능한 반사층(14)이 자가 지지형인 IMOD 디스플레이 엘리먼트의 다른 단면도이다. 도 3d가 이동가능한 반사층(14)과는 구조적으로 및/또는 재료적으로 다른 지지 포스트(18)를 도시하지만, 도 3e의 구현은 이동가능한 반사층(14)에 통합된 지지 포스트들을 포함한다. 이러한 구현에서, 이동가능한 반사층(14)은 아래에 놓인(underlying) 광학 스택(16)과 다수의 위치들에서 접촉하고, 이동가능한 반사층(14)의 곡률은, IMOD 디스플레이 엘리먼트에 걸리는 전압이 작동을 야기하기에 불충분할 때, 이동가능한 반사층(14)이 도 3e의 비작동 포지션으로 복귀하게 하는 충분한 지지를 제공한다. 이러한 식으로, 기판 또는 광학 스택(16)에 접촉하기 위해 아래로 만곡 또는 굽어지는 이동가능한 반사층(14)의 일부는 통합된 지지 포스트로 고려될 수 있다. 복수의 여러 상이한 층들을 포함할 수 있는 광학 스택(16)의 일 구현은 명확화를 위해 광학적 흡수체(16a) 및 유전체(16b)를 포함하는 것으로 본원에 도시되어 있다. 일부 구현들에서, 광학적 흡수체(16a)는 고정 전극 및 부분적 반사층 양자 모두로서 역할을 할 수 있다. 일부 구현들에서, 광학적 흡수체(16a)는 이동가능한 반사층(14)보다 10배 더 얇을 수 있다. 일부 구현들에서, 광학적 흡수체(16a)는 반사 서브층(14a)보다 더 얇다.

[0056] [0075] 도 3a 내지 도 3e에 도시된 바와 같은 구현들에서, IMOD 디스플레이 엘리먼트들은, 이 예에서 IMOD 디스플레이 엘리먼트들이 형성되는 측의 반대측인 투명 기판(20)의 전면으로부터 이미지들이 보여질 수 있는, 직시형 디바이스의 일부를 형성한다. 이들 구현들에서, 디바이스의 후방(back) 부분들(즉, 예를 들어, 도 3c에 예시된 변형가능한 층(34)을 포함하는 이동가능한 반사층(14) 뒤의 디스플레이 디바이스의 임의의 부분)은, 디스플레이 디바이스의 이미지 품질에 영향을 미치거나 부정적인 영향을 미치지 않게 구성되고 동작될 수 있는데, 이는 반사층(14)이 디바이스의 이들 부분들을 광학적으로 차폐하기 때문이다. 예를 들어, 일부 구현들에서, 변조기의 전자기계적 특성들, 이를테면 전압 어드레싱 및 이러한 어드레싱으로부터 발생하는 이동들로부터 변조기의 광학적 특성을 분리하는 능력을 제공하는 이동가능한 반사층(14) 뒤에 버스 구조(미도시)가 포함될 수 있다.

[0057] [0076] 도 4는 IMOD 디스플레이 또는 디스플레이 엘리먼트에 대한 제조 프로세스(80)를 예시하는 흐름도이다. 도 5a 내지 도 5e는 IMOD 디스플레이 또는 디스플레이 엘리먼트를 형성하기 위한 제조 프로세스(80)에서의 다양한 스테이지들의 단면도들이다. 일부 구현들에서, 제조 프로세스(80)는 IMOD 디스플레이들 또는 디스플레이 엘리먼트들과 같은 하나 또는 그 초과의 EMS 디바이스들을 제조하도록 구현될 수 있다. 이러한 EMS 디바이스의 제조는 또한 도 4에 도시되지 않은 다른 블록들을 포함할 수 있다. 프로세스(80)는 기판(20) 위에 광학 스택(16)의 형성하는 블록(82)에서 시작한다. 도 5a는 기판(20) 위에 형성된 이러한 광학 스택(16)을 예시한다. 기판(20)은 유리와 같은 투명 기판 또는 도 1을 참조하여 앞서 논의된 재료들과 같은 플라스틱일 수 있다. 기판(20)은, 플렉서블하거나 또는 비교적 단단하고 벤딩되지 않을 수 있으며, 광학 스택(16)의 효율적인 형성이 용이하도록 세정(cleaning)과 같은 사전 준비 프로세스들이 행해졌을 수도 있다. 앞서 논의된 바와 같이, 광학 스택(16)은 전기적으로 전도성이고, 부분적으로 투명하고, 부분적으로 반사성이며, 그리고 부분적으로는 흡수성일 수 있고, 예를 들어, 원하는 특성들을 갖는 하나 또는 그 초과의 층들을 투명 기판(20) 상으로 증착시킴으로써 제조될 수 있다.

[0058] [0077] 도 5a에서, 광학 스택(16)은 서브층들(16a 및 16b)을 갖는 멀티층 구조를 포함할 수 있지만, 몇몇 다른 구현들에는 그보다 많은 또는 그보다 적은 수의 서브층들이 포함될 수 있다. 일부 구현들에서, 서브층들(16a 및 16b) 중 하나는, 조합된 전도체/흡수체 서브층(16a)과 같이 광학적으로 흡수 특성 그리고 전기적으로 전도 특성들 모두를 갖도록 구성될 수 있다. 일부 구현들에서, 서브층들(16a 및 16b) 중 하나는 몰리브텐-크롬(몰리크롬 또는 MoCr), 또는 적절한 복소 꿀절률을 갖는 다른 재료들을 포함할 수 있다. 추가적으로, 서브층들(16a 및 16b) 중 하나 또는 그 초과는 병렬 스트립들로 패터닝될 수 있고, 그리고 디스플레이 디바이스 내에 로우(row) 전극들을 형성할 수 있다. 이러한 패터닝은 마스킹 및 에칭 프로세스 또는 당업계에 알려진 다른 적합한 프로세스에 의해 수행될 수 있다. 일부 구현들에서, 서브층들(16a-16b) 중 하나는, (하나 또는 그 초과의 반사성 및/또는 전도성 층들과 같은) 하나 또는 그 초과의 하부 금속 및/또는 산화물 층들 위에 증착된 절연 또는 유전체 층, 예를 들어, 상부 서브층(16b)일 수 있다. 이에 더해, 광학 스택(16)은 디스플레이의 로우들을 형성하는 개별적인 병렬 스트립들로 패터닝될 수 있다. 일부 구현들에서, 서브층들(16a 및 16b)이 도 5a 내지 도 5e에서는 약간 두껍게 도시되었음에도 불구하고, 광학적 흡수층과 같은 광학 스택의 서브층들 중 적어도 하나는 (예를 들어, 본 개시물에서 도시된 다른 층들과 비교하여) 상당히 얇을 수 있다.

[0059] [0078] 프로세스(80)는 광학 스택(16) 위에 희생층(25)을 형성하는 블록(84)으로 계속된다. 희생층(25)은 캐비

티(19)를 형성하기 위해서 이후에 제거되기 때문에(블록(90) 참조), 희생층(25)은 결과로 얻어지는 IMOD 디스플레이 엘리먼트들에는 도시되지 않는다. 도 5b는 광학 스택(16) 위에 형성된 희생층(25)을 포함하는 부분적으로 제조된 디바이스를 예시한다. 광학 스택(16) 위의 희생층(25)의 형성은, 후속적인 제거 후에 원하는 설계 크기를 갖는 캡 또는 캐비티(19)(또한, 도 5e 참조)를 제공하도록 선택된 두께로 몰리브덴(Mo) 또는 비정질 실리콘(Si)과 같은 이플루오린화 제논(XeF₂)-에칭가능 재료의 중착을 포함할 수 있다. 희생 재료의 중착은, 중착 기술들, 예를 들어, 물리 기상 중착(스퍼터링과 같은 수많은 상이한 기술들을 포함하는 PVD), 플라즈마-강화 화학 기상 중착(PECVD), 열 화학 기상 중착(열적 CVD), 또는 스핀-코팅을 이용하여 수행될 수 있다.

[0060]

[0079] 프로세스(80)는 지지 포스트(18)와 같은 지지 구조체를 형성하는 블록(86)으로 계속된다. 지지 포스트(18)의 형성은, 지지 구조체 애피처를 형성하기 위해 희생층(25)을 패터닝하는 것, 그 후 PVD, PECVD, 열적 CVD, 또는 스핀-코팅과 같은 중착 방법을 이용하여 지지 포스트(18)를 형성하기 위해 개구 내부로 (실리콘 산화물과 같은 무기 재료 또는 폴리미와 같은) 재료를 중착하는 것을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 희생층 내에 형성된 지지 구조체 애피처는 희생층(25) 및 광학 스택(16) 둘 다를 관통하여 하부 기판(20)까지 연장할 수 있어서, 이에 따라 지지 포스트(18)의 하부 단부가 기판(20)에 접촉한다. 대안적으로, 도 5c에 도시된 바와 같이, 희생층(25) 내에 형성된 애피처는 희생층(25)을 관통하지만 광학 스택(16)을 관통하지는 않고 연장될 수 있다. 예를 들어, 도 5e는 광학 스택(16)의 상부 표면과 접촉하는 지지 포스트들(18)의 하부 단부들을 예시한다. 지지 포스트(18) 또는 다른 지지 구조체들은, 희생층(25) 위에 지지 구조체 재료의 층을 중착하고 그리고 희생층(25) 내의 애피처들로부터 이격하여 위치된 지지 구조체 재료의 부분들을 패터닝함으로써 형성될 수 있다. 지지 구조체들은, 애피처들 내에 위치될 수 있지만, 도 5c에 예시된 바와 같이, 또한 희생층(25)의 일 부분 위로 적어도 부분적으로 연장될 수 있다. 앞서 언급된 바와 같이, 희생층(25) 및/또는 지지 포스트들(18)의 패터닝은, 마스킹 및 에칭 프로세스에 의해 수행될 수 있지만, 또한 대안적인 패터닝 방법들에 의해 수행될 수도 있다.

[0061]

[0080] 프로세스(80)는, 도 5d에 예시된 이동가능한 반사층(14)과 같은 이동가능한 반사층 또는 멤브레인을 형성하는 블록(88)으로 계속된다. 이동가능한 반사층(14)은, 하나 또는 그 초과의 패터닝, 마스킹 및/또는 에칭 단계들과 함께, 예를 들어, (예를 들어, 알루미늄, 알루미늄 합금, 또는 다른 반사성 재료들과 같은) 반사층 중착을 포함하는 하나 또는 그 초과의 중착 단계들을 채용함으로써 형성될 수 있다. 이동가능한 반사층(14)은, 예를 들어, 디스플레이의 컬럼들을 형성하는 개별 및 병렬 스트립들로 패터닝될 수 있다. 이동가능한 반사층(14)은 전기적으로 전도성일 수 있고, 전기 전도층으로 지칭될 수 있다. 일부 구현들에서, 이동가능한 반사층(14)은 도 5d에 도시된 바와 같이 복수의 서브층들(14a, 14b, 및 14c)을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 서브층들(14a 및 14c)과 같은 서브층들 중 하나 또는 그 초과는 자신의 광학 특성들에 대해 선택된 매우 반사성인 서브층들을 포함할 수 있고, 다른 서브층(14b)은 자신의 기계적 특성들에 대해 선택된 기계적 서브층을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 기계적 서브층은 유전체 재료를 포함할 수 있다. 희생층(25)이 블록(88)에서 형성된 부분 제조된 IMOD 디스플레이 엘리먼트에 여전히 존재하기 때문에, 이동가능한 반사층(14)은, 통상적으로 이 스테이지에서는 이동가능하지 않다. 희생층(25)을 포함하는 부분적으로 제조된 IMOD 디스플레이 엘리먼트는 또한 "릴리즈되지 않은(unreleased)" IMOD로서 본원에서 지칭될 수 있다.

[0062]

[0081] 프로세스(80)는 캐비티(19)를 형성하는 블록(90)으로 계속된다. 캐비티(19)는 (블록(84)에서 중착된) 희생 재료(25)를 에천트에 노출시킴으로써 형성될 수 있다. 예를 들어, Mo 또는 비정질 Si와 같은 에칭가능 희생 재료는, 재료의 원하는 양을 제거하는데 효과적인 시간 기간 동안 고체 XeF₂로부터 얻어지는 증기들과 같은 기체 또는 증기 에천트에 희생층(25)을 노출시킴으로써 건식 화학 에칭에 의해 제거될 수 있다. 희생 재료는 통상적으로 캐비티(19)를 둘러싸는 구조들에 대해 선택적으로 제거된다. 습식 에칭 및/또는 플라즈마 에칭과 같은 다른 에칭 방법들이 또한 이용될 수 있다. 희생층(25)이 블록(90) 동안 제거되기 때문에, 이동가능한 반사층(14)은 통상적으로 이 스테이지 이후에 이동가능하다. 희생 재료(25)의 제거 이후에, 결과로 초래되는 완전하게 또는 부분적으로 제조된 IMOD 디스플레이 엘리먼트는 본원에서 "릴리즈된(released)" IMOD로 지칭될 수 있다.

[0063]

[0082] 일부 구현들에서, EMS 컴포넌트 또는 디바이스의 패키징, 이를 테면, IMOD-기반 디스플레이의 EMS 컴포넌트들을 손상으로부터 (이를 테면, 기계적 간섭 또는 잠재적인 손상 물질들로부터) 보호하도록 구성될 수 있는 백플레이트(대안으로 백플레인, 백 글래스 또는 리세스 글래스로 지칭됨)를 포함할 수 있다. 백플레이트는 또한, 드라이버 회로, 프로세서들, 메모리, 인터커넥트 어레이들, 증기 배리어들, 프로덕트 하우징 등(이것으로 제한되지 않음)을 포함하는 넓은 범위의 컴포넌트들에 구조적 지지를 제공할 수 있다. 일부 구현들에서, 백플레이트의 사용이 컴포넌트들의 접적을 촉진시킬 수 있음으로써, 휴대용 전자 디바이스의 볼륨, 무게, 및/또는

제조 비용을 감소시킨다.

- [0064] [0083] 도 6a 및 도 6b는 EMS 엘리먼트들의 어레이(36) 및 백플레이트(92)를 포함하는 EMS 패키지(91)의 일부의 개략적인 확대 부분 사시도들이다. 도 6a는 백플레이트(92)의 특정 부분들을 더 잘 예시하기 위해 절단된 백플레이트(92)의 2개의 코너들을 갖는 것으로 도시되지만, 도 6b는 절단된 코너들 없이 나타난다. EMS 어레이(36)는, 기판(20), 지지 포스트들(18), 및 이동가능한 층(14)을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, EMS 어레이(36)는 투명 기판상에서 하나 또는 그 초과의 광학적 스택 부분들(16)을 갖는 IMOD 디스플레이 엘리먼트들의 어레이를 포함할 수 있고, 이동가능한 층(14)은 이동가능한 반사층으로서 구현될 수 있다.
- [0065] [0084] 백플레이트(92)는 본질적으로 평면일 수 있거나 또는 적어도 하나의 굴곡 표면(contoured surface)을 가질 수 있다(예를 들어, 백플레이트(92)는 오목부들 및/또는 돌출부들을 갖게 형성될 수 있다). 백플레이트(92)는, 투명하든 또는 불투명하든, 전도성이든 또는 절연성이든 간에, 임의의 적합한 재료로 형성될 수 있다. 백플레이트(92)에 대한 적합한 재료들은, 유리, 플라스틱, 세라믹들, 폴리머들, 라미네이트들, 금속들, 금속 포일들, 코발(Kovar) 및 도금된 코발을 포함한다(그러나, 이에 제한되지 않음).
- [0066] [0085] 도 6a 및 도 6b에 나타낸 바와 같이, 백플레이트(92)는, 부분적으로 또는 전체적으로 백플레이트(92) 내에 임베딩될 수 있는 하나 또는 그 초과의 백플레이트 컴포넌트들(94a 및 94b)을 포함할 수 있다. 도 6a에서 관찰될 수 있는 바와 같이, 백플레이트 컴포넌트(94a)는 백플레이트(92) 내에 임베딩된다. 도 6a 및 도 6b에서 관찰될 수 있는 바와 같이, 백플레이트 컴포넌트(94b)는 백플레이트(92)의 표면 내에 형성된 오목부(93) 내에 배치된다. 일부 구현들에서, 백플레이트 컴포넌트들(94a 및/또는 94b)이 백플레이트(92)의 표면으로부터 돌출될 수 있다. 백플레이트 컴포넌트(94b)는 기판(20)과 대면하는 백플레이트(92)의 측(side) 상에 배치되며, 다른 구현들에서, 백플레이트 컴포넌트들은 백플레이트(92)의 반대쪽 상에 배치될 수 있다.
- [0067] [0086] 백플레이트 컴포넌트들(94a 및/또는 94b)은, 트랜지스터들, 캐패시터들, 인덕터들, 저항기들, 다이오드들, 스위치들과 같은 하나 또는 그 초과의 능동 또는 수동 전기 컴포넌트들, 및/또는 패키징된, 표준 또는 별도의 IC와 같은 집적 회로들(IC들)을 포함할 수 있다. 다양한 구현들에서 이용될 수 있는 백플레이트 컴포넌트들의 다른 예시들은, 안테나들, 배터리들, 센서들(예를 들어, 전기적, 터치, 광학적, 또는 화학적 센서들), 또는 박막 증착된 디바이스들을 포함한다.
- [0068] [0087] 일부 구현들에서, 백플레이트 컴포넌트들(94a 및/또는 94b)은 EMS 어레이(36)의 부분들과 전기 통신할 수 있다. 트레이스들, 범프들, 포스트들, 또는 비아들과 같은 전도성 구조물들은, 백플레이트(92) 또는 기판(20) 중 하나 또는 둘 모두 상에 형성될 수 있고, EMS 어레이(36)와 백플레이트 컴포넌트들(94a 및/또는 94b) 사이에 전기 접속들을 형성하기 위해 서로 또는 다른 전도성 컴포넌트들을 접촉할 수 있다. 예를 들어, 도 6b는 EMS 어레이(36) 내에서 이동가능한 층들(14)로부터 상향으로 연장하는 전기 콘택들(98)과 정렬될 수 있는 하나 또는 그 초과의 전도성 비아들(96)을 백플레이트(92) 상에 포함한다. 일부 구현들에서, 백플레이트(92)는 또한 백플레이트 컴포넌트들(94a 및/또는 94b)을 EMS 어레이(36)의 다른 컴포넌트들로부터 전기적으로 절연시키는 하나 또는 그 초과의 절연 층들을 포함할 수 있다. 백플레이트(92)가 증기-침투성 재료들로 형성되는 일부 구현들에서, 백플레이트(92)의 내부 표면은 베이퍼 배리어(vapor barrier)(미도시)로 코팅될 수 있다.
- [0069] [0088] 백플레이트 컴포넌트들(94a 및 94b)은 EMS 패키지(91)에 들어갈 수 있는 모든 수분을 흡수하도록 동작하는 하나 또는 그 초과의 건조제들을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 건조제(또는 다른 수분 흡수성 재료들, 예를 들어, 계터)는, 예를 들어, 접착제로 백플레이트(92)에 (또는 그 내부에 형성된 오목부 내에) 탑재되는, 예를 들어, 시트로서, 임의의 다른 백플레이트 컴포넌트들과는 별개로 제공될 수 있다. 대안적으로, 건조제는 백플레이트(92)에 통합될 수 있다. 일부 다른 구현들에서, 건조제는, 예를 들어, 스프레이-코팅, 스크린 프린팅, 또는 임의의 다른 적합한 방법에 의해 다른 백플레이트 컴포넌트들 위에 직접적으로 또는 간접적으로 적용될 수 있다.
- [0070] [0089] 일부 구현들에서, EMS 어레이(36) 및/또는 백플레이트(92)는, 백플레이트 컴포넌트들과 디스플레이 엘리먼트들 사이의 거리를 유지함으로써 이를 컴포넌트들 사이에서의 기계적 간섭을 방지하도록 기계적 스탠드오프들(97)을 포함할 수 있다. 도 6a 및 도 6b에 예시된 구현에서, 기계적 스탠드오프들(97)은 EMS 어레이(36)의 지지 포스트들(18)과 정렬된 백플레이트(92)로부터 돌출되는 포스트들로서 형성된다. 대안적으로 또는 이에 더해, 레일들 또는 포스트들과 같은 기계적 스탠드오프들은 EMS 패키지(91)의 엣지들을 따라 제공될 수 있다.
- [0071] [0090] 도 6a 및 도 6b에 예시되지 않지만, EMS 어레이(36)를 부분적으로 또는 완전하게 둘러싸는 밀봉(seal)이 제공될 수 있다. 백플레이트(92) 및 기판(20)과 함께, 밀봉은 EMS 어레이(36)를 밀봉하는 보호 캐비티를 형성

할 수 있다. 밀봉은 종래의 에폭시-기반 접착제와 같은 반-밀폐(semi-hermetic) 밀봉일 수 있다. 일부 다른 구현들에서, 밀봉은 박막 금속 용접 또는 유리 프릿(glass frit)과 같은 밀폐 밀봉일 수 있다. 일부 다른 구현들에서, 밀봉은 폴리이소부틸렌(PIB), 폴리우레탄, 액체 스피n-온 글래스, 솔더, 폴리머들, 플라스틱들, 또는 다른 재료들을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 보강된 실란트(reinforced sealant)는 기계적 스텐드오프들을 형성하기 위해 이용될 수 있다.

[0072] [0091] 대안적인 구현들에서, 밀봉 링은 백플레이트(92) 또는 기판(20) 중 하나 또는 둘 다의 연장(extension)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 밀봉 링은 백플레이트(92)의 기계적 연장(미도시)을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 밀봉 링은, O-링 또는 다른 원형 부재와 같은 별도의 부재를 포함할 수 있다.

[0073] [0092] 일부 구현들에서, EMS 어레이(36) 및 백플레이트(92)는 함께 부착되거나 또는 커플링되기 전에 별도로 형성된다. 예를 들어, 기판(20)의 에지는 앞서 논의된 바와 같은 백플레이트(92)의 에지에 부착 및 밀봉될 수 있다. 대안적으로, EMS 어레이(36) 및 백플레이트(92)는 EMS 패키지(91)로서 함께 형성 및 조인(join)될 수 있다. 몇몇 다른 구현들에서, EMS 패키지(91)는, 예를 들어, 증착에 의해 EMS 어레이(36) 위에 백플레이트(92)의 컴포넌트들을 형성함으로써 임의의 다른 적합한 방법으로 제조될 수 있다.

[0074] [0093] 도 7은 다중-상태 IMOD(100)의 일 예시적인 구현의 단면도이다. 도 7의 IMOD(100)는 본원에 개시된 다양한 다른 구현들과 유사한, 또는 동일한 특징들을 포함할 수 있고, IMOD(100)와 관련하여 설명된 특징들은 본원에 개시된 다양한 다른 구현들에 포함될 수 있다. 도 7의 IMOD(100)는 기판(120) 위에 광학 스택(116)을 포함할 수 있다. 이동가능한 리플렉터(114)가 광학 스택(116) 위에 있을 수 있다. 이동가능한 리플렉터(114)는 광학 스택(116)으로부터 이격될 수 있고, 광학 캐비티(119)가 이동가능한 리플렉터(114)와 광학 스택(116) 사이에 있을 수 있다. 광학 스택(116)은, 본원에 설명된 바와 같이 하나 또는 그 초파의 층들을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 광학 스택(116)은 제 1 전극을 포함할 수 있고, 이동가능한 리플렉터(114)는 제 2 전극을 포함할 수 있다. 광학 스택(116)을 향해 이동가능한 리플렉터(114)를 당길 수 있는 정전기력들을 생성하기 위해서 전압이 제 1 전극 및 제 2 전극에 인가될 수 있다.

[0075] [0094] 이동가능한 리플렉터(114)는 전면(110)과 이면(112)을 포함할 수 있다. 전면(110)이 광학 스택(116)을 향하여 대면할 수 있고, 이동가능한 리플렉터(114)의 전면(110)은 고도의 반사성일 수 있다. 광학 스택(116)은 부분 반사성 및 부분 투과성일 수 있고, 이동가능한 리플렉터(114)로부터 그리고 광학 스택(116)으로부터 반사된 광이 결합하여 이동가능한 리플렉터(114)의 포지션과 광학 캐비티(119)의 사이즈에 의존하여 다양한 컬러들을 생성할 수 있다. 예를 들어, 광학 스택(116)으로부터 그리고 이동가능한 리플렉터(114)로부터 반사되는 광은, 광학 캐비티(119)의 사이즈에 적어도 부분적으로 의존하는 컬러를 이용하여 광학 응답을 생성하기 위해서 보강 간섭 및/또는 상쇄 간섭을 경험할 수 있다. 상이한 포지션들에 이동가능한 리플렉터(114)를 포지셔닝시킴으로써(예를 들어, 전극들에 인가되는 전압을 변화시킴으로써) IMOD(100)에 의해 다양한 컬러들(예를 들어, 적색, 녹색, 청색, 백색 및/또는 흑색)이 생성될 수 있다.

[0076] [0095] 이동가능한 리플렉터(114)는 하나 또는 그 초파의 변형가능한 엘리먼트들(134)에 의해 지지될 수 있다. 변형가능한 엘리먼트들(134)은 이동가능한 리플렉터(114)를 위에 있을 수 있다. 변형가능한 엘리먼트들(134)은 이동가능한 리플렉터(114)의 이면(112)에 결합될 수 있다. 변형가능한 엘리먼트들(134)은 이동가능한 리플렉터(114) 윗쪽(예를 들어, 이동가능한 리플렉터(114)의 전면(110)보다 이면(112)에 더 가까운 위치)인 일 위치로부터 연장될 수 있다. 일부 구현들에서, IMOD(100)는, 이동가능한 리플렉터(114)에 대한 지지를 제공할 수 있는 포스트들(118)을 포함할 수 있다. 포스트들(118)은 일반적으로, (예를 들어, 기판(120)으로부터 그리고/또는 광학 스택(116)으로부터) 상향으로 연장될 수 있다. 변형가능한 엘리먼트들(134)은, 이동가능한 리플렉터(114) 윗쪽인 포스트들(118) 상에 위치들로부터 연장될 수 있다. 이동가능한 리플렉터(114)의 이면(112)은 변형가능한 엘리먼트들(134)을 향해 대면할 수 있다. 포스트들(118) 및 변형가능한 엘리먼트들(134)이 도 7에서 별개의 컴포넌트들로서 도시되지만, 일부 구현들에서, 포스트들(118) 및 변형가능한 엘리먼트들(134)은 함께 통합될 수 있다. 예를 들어, 하나 또는 그 초파의 변형가능한 엘리먼트들(134)은 포스트들(118) 중 하나 또는 그 초파의 변형가능한 부분들일 수 있다. 예를 들어, 포스트들(118)의 변형가능한 부분들은, 충분한 변형을 허용하도록 충분히 얇을 수 있다. 포스트들(118)은 일반적으로, (예를 들어, 기판(120)으로부터 및/또는 광학 스택(116)으로부터) 상향으로 연장될 수 있고 포스트들이 이동가능한 리플렉터(114)의 이면(112)에 결합되도록 만곡될 수 있다. 본원에서 논의된 바와 같이, 이동가능한 리플렉터(114)의 이면(112) 상에 변형가능한 엘리먼트들(134)을 포지셔닝시킴으로써, IMOD(100)의 (그리고 디스플레이 엘리먼트들을 위해 IMOD(100)를 사용하는 디스플레이의) 충전율이 개선될 수 있다.

[0077]

[0096] IMOD는, 복수의 연결 위치들에서 이동가능한 리플렉터(114)의 이면(112)에 결합될 수 있는 복수의 변형 가능한 엘리먼트들(134)을 포함할 수 있다. 연결 위치들은, 이동가능한 리플렉터(114)에 개선된 안정성을 제공할 수 있는 이동가능한 리플렉터(114)의 이면(112)의 중앙으로부터 이격될 수 있다. 변형가능한 엘리먼트들(134)과 이동가능한 리플렉터(114) 사이의 연결 위치들을 이동가능한 리플렉터의 중앙으로부터 이격시키는 것은 이동가능한 리플렉터(114)의 불균일한 작동을 억제하거나 방지할 수 있다(예를 들어, 여기서, 이동가능한 리플렉터(114)의 일 측이 이동가능한 리플렉터(114)의 다른 측보다 더 많이 이동한다). 일부 구현들에서, 이동가능한 리플렉터(114)에 대한 변형가능한 엘리먼트들(134)의 연결 포인트들 간의 거리는, 이동가능한 리플렉터(114)의 예지와 일 연결 포인트들 간의 거리보다 더 멀다. 일부 구현들에서, 연결 위치들 간의 거리는 이동가능한 리플렉터(114)의 폭의 약 25% 이상, 이동가능한 리플렉터(114)의 폭의 약 33% 이상, 이동가능한 리플렉터(114)의 폭의 약 50% 이상, 이동가능한 리플렉터(114)의 폭의 약 90% 이하, 이동가능한 리플렉터(114)의 폭의 약 75% 이하, 및/또는 이동가능한 리플렉터(114)의 폭의 약 50% 이하일 수 있다.

[0078]

[0097] 이동가능한 리플렉터(114)가 도 7에 도시된 레스팅 포지션으로부터 이동될 경우 변형가능한 엘리먼트들(134)은 복원력을 제공할 수 있다. 복원력은 도 7에 도시된 레스팅 또는 릴렉스 또는 비작동 포지션을 향하여 이동가능한 리플렉터(114)를 바이어싱할 수 있다. IMOD(100)는, 변형가능한 엘리먼트들(134)이 비선형 복원력을 제공하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, IMOD(100)는 하나 또는 그 초과의 복원력 변경자들(140)을 포함할 수 있다. 복원력 변경자(140)는 이동가능한 리플렉터(114)와 변형가능한 엘리먼트(134) 사이에서 존재할 수 있다. 복원력 변경자(140)는 일반적으로, 포스트(118)로부터, 예를 들어, 이동가능한 리플렉터(114) 윗쪽인 그리고/또는 변형가능한 엘리먼트(134)가 포스트(118)로부터 연장하는 위치 아래쪽인 포스트(118) 상의 일 위치로부터 수평으로 연장될 수 있다.

[0079]

복원력 변경자(140)는 포스트(118)로부터의 별개의 컴포넌트로서 도시되지만, 일부 실시예들에서, 복원력 변경자(140)는 (예를 들어, 포스트(118)의 메인 바디로부터 일반적으로 수평으로 연장되는 돌출부 또는 다른 컴포넌트로서) 포스트(118)와 통합될 수 있다. 복원력 변경자(140)는 이동가능한 리플렉터(114) 바로 뒤에 있을 수 있다. 예를 들어, 이동가능한 리플렉터(114)의 전면(110)에 그리고/또는 이면(112)에 수직인 선(141)이 복원력 변경자(140)와 교차할 수 있다. 포스트(118) 및/또는 이동가능한 리플렉터(114)에 대하여 다른 각도들로 있는 (예를 들어, 이동가능한 리플렉터(114)를 향하여 경사지거나 또는 이동가능한 리플렉터(114)로부터 멀어지게 경사지는) 복원력 변경자들 또한 가능하다. 포스트(118)에 대한 복원력 변경자(140)의 각도는 약 45° 내지 약 135° (예를 들어, 약 80° 내지 약 100°)일 수 있다. 복원력 변경자(140)는, 복원력 변경자(140)가 인계이징될 경우(예를 들어, 변형가능한 엘리먼트(134)에 의해 접촉될 경우) 변형가능한 엘리먼트(134)의 복원력을 증가시키도록 구성될 수 있다.

[0080]

[0098] 도 8은 콘택팅 또는 제 1 작동 포지션에 대해 작동되는 이동가능한 리플렉터(114)를 구비하는 도 7의 다중-상태 IMOD(100)의 단면도이다. 이동가능한 리플렉터(114)가 광학 스택(116)을 향해 작동됨에 따라, 변형가능한 엘리먼트들(134)은, 적어도 하나의 변형가능한 엘리먼트(134)가 적어도 하나의 복원력 변경자(140)와 접촉하게 될 때까지 복원력 변경자(140)를 향하여 끌어당겨질 수 있다. 도 8의 콘택팅 포지션은, 변형가능한 엘리먼트(134)와 복원력 변경자(140) 사이에서 먼저 접촉이 이루어지는 포지션일 수 있다. 도 9는 콘택팅 포지션을 지나 또는 제 2 작동 상태로 작동되는 이동가능한 리플렉터를 구비하는 도 7의 다중-상태 IMOD의 단면도이다. 변형가능한 엘리먼트(134)가 복원력 변경자와 접촉할 경우(예를 들어, 도 9에 도시된 바와 같이, 이동가능한 리플렉터(114)가 콘택팅 포지션을 지나 작동될 경우), 복원력 변경자(140)가 변형가능한 엘리먼트(134)의 복원력을 증가시키도록 IMOD(100)가 구성될 수 있다. IMOD(100)의 다양한 양상들은, 복원력 변경자(140)로 하여금 변형가능한 엘리먼트(134)의 복원력을 증가시킬 수 있게 하는 구성, 이를 테면, 예를 들어, 변형가능한 엘리먼트(134)의 재료들, 두께, 및/또는 형상, 복원력 변경자(140)의 재료들, 두께, 및/또는 형상, 복원력 변경자(140)의 사이즈, 복원력 변경자(140)와 변형가능한 엘리먼트(134) 사이의 접촉 영역의 양 및/또는 복원력 변경자(140)의 단부를 지나 안쪽으로 연장되는 변형가능한 엘리먼트(134)의 양에 기여할 수 있다. 또한, IMOD(100)는, 변형가능한 엘리먼트(134)가 복원력 변경자와 접촉할 경우 복원력 변경자(140)가 변형가능한 엘리먼트(134)의 복원력을 증가시키도록 적절한 힘들을 인가하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, IMOD(100)에 인가되는 전압 및/또는 IMOD(100) 내 전극들의 구성(예를 들어, 전극들의 사이즈들, 위치들, 및/또는 재료들)은, 변형가능한 엘리먼트(134)가 복원력 변경자와 접촉할 경우 복원력 변경자(140)가 변형가능한 엘리먼트(134)의 복원력을 증가시키도록 구성될 수 있다.

[0081]

[0099] 변형가능한 엘리먼트들(134)은, 캔틸레버 스프링들로서 동작할 수 있고 그리고 변형가능한 엘리먼트들(134)이 복원력 변경자들(140)과 인계이징되는지 여부에 의존하여 변경되는 스프링 상수를 가질 수 있다. 이동

가능한 리플렉터(114)가 레스팅 포지션(도 7)으로부터 콘택팅 포지션(도 8)으로 이동함에 따라, 변형가능한 엘리먼트들(134)은 복원력 변경자(140)와 접촉하지 않고, 변형가능한 엘리먼트(134)의 제 1 스프링 상수가 제 1 길이(136)(예를 들어, 변형가능한 엘리먼트(134)의 변형가능한 전체 길이)에 의해 적어도 부분적으로 정의될 수 있다. 변형가능한 엘리먼트(134)가 복원력 변경자(140)와 접촉할 경우, 변형가능한 엘리먼트(134)의 유효 변형 가능 길이는 제 2 길이(138)로 단축될 수 있다. 이동가능한 리플렉터(114)가 콘택팅 포지션(도 9)을 지나 작동됨에 따라, 제 2 길이(138)가 변형되어 (예를 들어, 캔틸레버 스프링의 더 짧은 유효 길이로 인해) 제 1 스프링 상수보다 더 큰 제 2 스프링 상수로 추가적인 복원력을 제공한다. 레스팅 포지션(도 7)과 콘택팅 포지션(도 8) 사이에서, 제 1 스프링 상수는 변형가능한 엘리먼트(134)의 제 1 부분(135)(예를 들어, 복원력 변경자(140)로부터 안쪽)과 변형가능한 엘리먼트(134)의 제 2 부분(137)(예를 들어, 복원력 변경자(140) 바로 위) 둘 모두에 의해 적어도 부분적으로 정의될 수 있다. 이동가능한 리플렉터(114)가 콘택팅 포지션(도 9)을 지나 작동됨에 따라, 제 2 스프링 상수는 변형가능한 엘리먼트(134)의 제 1 부분(135)에 의해 적어도 부분적으로 정의될 수 있고 변형가능한 엘리먼트(134)의 제 2 부분(137)에 의해서는 정의되지는 않는다.

[0082] [0100] 다중-상태 IMOD(100)는 상이한 안정한 포지션들에서 상이한 컬러들을 생성하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 일부 구현들에서, 레스팅 포지션(도 7)이 제 1 컬러 응답(예를 들어, 적색)을 생성할 수 있고, 콘택팅 포지션(도 8)은 제 2 컬러 응답(예를 들어, 녹색)을 생성할 수 있고, 도 9에 도시된 포지션은 제 3 컬러 응답(예를 들어, 청색)을 생성할 수 있다. IMOD(100)의 구성에 의존하여 도 7 내지 도 9에 도시된 포지션들에 의해 다양한 다른 컬러들이 생성될 수 있으며, 다양한 다른 컬러들이 이동가능한 리플렉터(114)의 다양한 다른 포지션들에서 생성될 수 있다. 예를 들어, IMOD(100)는 이동가능한 리플렉터의 레스팅 포지션에서 또는 상이한 포지션에서 백색, 광대역, 또는 백색 반응을 생성할 수 있다. 일부 구현들에서, IMOD(100)는, 예를 들어, 폐쇄 또는 제 3 작동 포지션(미도시)에서 흑색 또는 암(dark) 반응을 생성할 수 있으며, 여기서, 광학 캐비티(119)가 제거되고 이동가능한 리플렉터(114)가 완전히 작동되어 광학 스택(116)과 접촉한다. 많은 변형들이 가능하다. 일부 구현들에서, IMOD(100)는 3개, 5개, 10개, 25개, 50개, 100개, 1000개, 또는 그 초과의 컬러 반응들을 생성하기 위해서 충분히 안정한 포지션들로 작동될 수 있고, 일부 예들에서, IMOD(100)가 무한대로 접근하는 다수의 안정한 포지션들에 대해 작동될 수 있으므로, IMOD(100)는, IMOD(100)에 대해 안정한 모션 범위에 걸쳐 실질적으로 연속적으로 위치설정가능하게 될 수 있다.

[0083] [0101] 도 10은 선형 스프링을 지닌 IMOD에 대한 예시적인 구현과 비선형 스프링을 지닌 IMOD에 대한 예시적인 구현에 대한 복원력을 도시하는 그래프이다. 선(202)은 복원력 변경자(140)를 포함하지 않는 IMOD에 대한 선형 복원력을 도시한다. 이동가능한 리플렉터(114)가 레스팅 포지션(204)에서 멀어지게 편향됨에 따라서, 하나 또는 그 초과의 변형가능한 엘리먼트들(134)에 의해 제공되는 복원력이 선형적으로 증가할 수 있다. 이동가능한 리플렉터(114)의 전극이 (예를 들어, 광학 스택(116) 내) 대응하는 전극에 더 가깝게 끌어당겨짐에 따라, 정전력이 비선형적으로(예를 들어, 지수함수적으로) 증가할 수 있다. 이동가능한 리플렉터(114)가 편향됨에 따라, 이는, 선형 복원력이 정전기력에 대응할 수 없는 불안정 포지션에 도달하고, 이동가능한 리플렉터(114)가 폐쇄 포지션으로 작동할 수 있다. 도 10에 도시된 비선형 스프링은, 복원력 변경자(140)가 인계이징되는 포지션들에 대해 선형 스프링보다 더 많은 복원력을 제공할 수 있고, 이로써 안정한 모션 범위를 연장시켜, 이동가능한 리플렉터(114)가 선형 스프링 구현에 대해서는 불안정할 수도 있는 안정한 포지션들에서 포지셔닝될 수 있다. 도 10에서, 위치(204)는 도 7의 레스팅 포지션에 대응할 수 있고, 위치(206)는 도 8의 콘택팅 포지션에 대응할 수 있고, 위치(208)는 도 9에 도시된 이동가능한 리플렉터 편향의 양에 대응할 수 있다.

[0084] [0102] 많은 변형들이 가능하다. 예를 들어, 일부 구현들에서, 복원력은 다수의 비선형성들 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 11은 선형 스프링을 지닌 IMOD에 대한 다른 예시적인 구현과 다수의 비선형성들을 갖는 비선형 스프링을 지닌 IMOD에 대한 예시적인 구현에 대한 복원력을 도시하는 그래프이다. 도 12는, 다수의 비선형성들을 지닌 비선형 스프링을 갖는 다중-상태 IMOD(102)의 일 예시적인 구현의 단면도이다. 도 12의 IMOD(102)는 본원에 개시된 다양한 다른 구현들과 유사한 또는 동일한 특징들을 포함할 수 있고, IMOD(102)와 관련하여 설명된 특징들은 본원에 개시된 다양한 다른 구현들에 포함될 수 있다. IMOD(102)는 도 7 내지 도 9와 관련하여 논의된 것과 유사한 복원력 변경자들(140)을 포함할 수 있다. IMOD(102)는, 변형가능한 엘리먼트들(134)이 제 2 복원력 변경자들(142)과 접촉하는 제 2 콘택팅 포지션에 대해 이동가능한 리플렉터(114)가 작동될 경우, 변형가능한 엘리먼트들(134)의 복원력을 추가로 변경(예를 들어, 증가)시키도록 구성될 수 있는 제 2 복원력 변경자들(142)을 포함할 수 있다.

[0085] [0103] 도 11을 참조하면, 이동가능한 리플렉터(114)는 레스팅 포지션(204)으로부터 제 1 콘택트 포지션(206)으로 편향될 수 있다. 제 1 콘택팅 포지션(206)에서, 변형가능한 엘리먼트들(134)은 복원력 변경자(140)와 접촉

할 수 있으며, 이는, 본원에 논의된 바와 같이, 스프링 상수 및 복원력을 증가시킬 수 있다. 포지션(208)에서, 이동가능한 리플렉터(114)는, 콘택팅 포지션(206)을 지나 안정한 포지션으로 편향될 수 있다. 이동가능한 리플렉터(114)가 제 2 콘택팅 포지션(210)에 도달할 경우, 하나 또는 그 초과의 변형가능한 엘리먼트들(134)이 제 2 복원력 변경자들(142)과 접촉할 수 있다. 제 2 복원력 변경자들(142)은, 복원력 변경자들(140)과 관련하여 본원에 논의된 것과 유사한 방식으로 복원력을 변경시키도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제 2 복원력 변경자들(142)과의 접촉은, 변형가능한 엘리먼트들(134)의 유효 변형가능 길이를 단축시킬 수 있으며, 이는 그 스프링 상수를 증가시킬 수 있다. 제 2 복원력 변경자들(142)을 포함시킴으로써, 안정한 모션 범위가 이동가능한 리플렉터(114)에 대해 추가로 연장될 수 있으며, 이는 IMOD(102)에 대해 이용가능한 추가의 안정한 광학 반응들을 형성할 수 있다. 예를 들어, 이동가능한 리플렉터(114)는 제 2 콘택팅 포지션(210)을 지난 포지션(212)까지 작동될 수 있고, 이는 정전기력에 대항하기에 충분한 스프링력을 가져 이동가능한 리플렉터(114)가 안정한 상태를 유지할 수 있다.

[0086] [0104] 변형가능한 엘리먼트들(134)이 다양한 복원력 변경자들에 접촉함에 따라 추가적인 복원력 변경자들이 추가되어, 예를 들어, 3개, 4개, 5개 또는 그 초과의 비선형성들을 포함하는 IMOD를 형성할 수 있다. 도 12가 제 2 복원력 변경자(142) 및 복원력 변경자(140)를 별개의 엘리먼트들로서 도시하였지만, 이들은 하나의 엘리먼트에 포함될 수 있다. 예를 들어, 돌출부는, 추가 복원력 변경자들을 생성하기 위해서 1개, 2개, 3개 또는 그 초과의 단계들을 포함하는 계단 형상을 가질 수 있다. 제 2 복원력 변경자들(142)의 적어도 하나의 파라미터는, 복원력 변경자들(140)의 파라미터(예를 들어, 길이, 변형가능한 엘리먼트들(134)로부터의 거리, 포스트들(118)에 대한 각도, 두께, 재료 등)와는 상이할 수 있다. 도 12에 도시된 구현에서, 변형가능한 엘리먼트들(134)로부터의 길이 및 거리는 상이할 수 있다.

[0087] [0105] 도 13은 다중-상태 IMOD(104)의 다른 예시적인 구현의 단면도이다. 도 13의 IMOD(104)는 본원에 개시된 다양한 다른 구현들과 유사한 또는 동일한 특징들을 포함할 수 있고, IMOD(104)와 관련하여 설명된 특징들은 본원에 개시된 다양한 다른 구현들에 포함될 수 있다. 일부 구현들에서, IMOD(104)는 (예를 들어, 광학 스택(116)을 향하는) 제 1 방향으로 그리고 (예를 들어, 광학 스택(116)으로부터 멀어지는) 제 2 방향으로 이동가능한 리플렉터(114)를 작동시키도록 구성될 수 있다. 예를 들어, IMOD(104)는, (예를 들어, 이동가능한 리플렉터(114) 위에 있고 변형가능한 엘리먼트들(134) 위에 있는 캡(146)에) 제 3 전극을 포함할 수 있다. 제 3 전극은 (상술되는) 이동가능한 리플렉터(114) 내에 있는 제 2 전극과 상호작용하도록 구성될 수 있거나, 또는 이동가능한 리플렉터(114)는 이동가능한 리플렉터(114)를 이동시키기 위해 제 3 전극과 상호작용하도록 구성되는 추가 전극을 포함할 수 있다. (예를 들어, 광학 스택(116)을 향하여) 하향으로 그리고 (예를 들어, 광학 스택(116)으로부터 멀어지는) 상향으로 둘 모두로 이동가능한 리플렉터(114)를 작동시킴으로써, 추가적인 광학 응답들이 선택될 수 있다.

[0088] [0106] 일부 구현들에서, 이동가능한 리플렉터(114)가 (예를 들어, 광학 스택(116)으로부터 멀어지는) 상향으로 작동됨에 따라 복원력 변경자들(144)이 복원력을 증가시킬 수 있는 것을 제외하고, IMOD(104)는 본원에 논의되는 복원력 변경자들(140)과 유사한 방식으로 기능할 수 있는 추가 복원력 변경자들(144)을 포함할 수 있다. 많은 변형들이 가능하다. 추가의 복원력 변경자들(144)이 복원력 변경자들(140)과 동일할 수 있거나, 또는 복원력 변경자들(144)의 적어도 하나의 파라미터가 복원력 변경자들(140)의 파라미터(예를 들어, 변형가능한 엘리먼트들(134)로부터의 길이, 거리, 포스트들(118)에 대한 각도, 두께, 재료 등)와는 상이할 수 있다. 일부 구현들에서, 복원력 변경자들(140)은 IMOD(104)로부터 생략될 수 있다. 일부 구현들에서, 캡(146)이 추가 복원력 변경자(140)로서 사용될 수 있다. 예를 들어, 이동가능한 리플렉터(114)가 상향 콘택트 포지션까지 상향으로 작동될 경우 캡(146)의 하부측에 대하여 변형가능한 엘리먼트들(134)이 맞대어지게 캡(146)이 포지셔닝될 수 있다. 변형가능한 엘리먼트들(134)과 캡(146) 사이의 콘택트가 상기 논의와 유사한 방식으로 복원력을 증가시킬 수 있다. 도 13에서 포스트들(118)로부터 연장되는 것이 도시되지만, 복원력 변경자들(144)은 캡(146)으로부터 하향으로 돌출될 수 있다.

[0089] [0107] 도 14은 다중-상태 IMOD(106)의 다른 예시적인 구현의 단면도이다. 도 14의 IMOD(106)는 본원에 개시된 다양한 다른 구현들과 유사한 또는 동일한 특징들을 포함할 수 있고, IMOD(106)와 관련하여 설명된 특징들은 본원에 개시된 다양한 다른 구현들에 포함될 수 있다. 일부 구현들에서, 예를 들어, 이동가능한 리플렉터(114)의 전극과 캡(146)의 전극 사이에 전압을 인가함으로써 또는 변형가능한 엘리먼트들(134)의 전극과 캡(146)의 전극 사이에 전압을 인가함으로써 이동가능한 리플렉터(114)가 (도 14에 도시된) 상향 콘택트 포지션까지 상향으로 작동되는 경우 이동가능한 리플렉터(114)는 하나 또는 그 초과의 복원력 변경자들(140)과 접촉할 수 있다. 일부 경우들에서, 복원력 변경자들(140)은 이동가능한 리플렉터(114)에 대한 정지(stop)를 제공할 수 있고, 이동

가능한 리플렉터(114)가 도 14의 상향 콘택트 포지션을 지나 작동하는 것을 억제하거나 또는 방지할 수 있다.

[0090] 일부 구현들에서, 이동가능한 리플렉터(114)는 가요성일 수 있다. 도 15는, 가요성 이동가능한 리플렉터(114)를 지닌, 도 14의 IMOD(106)의 단면도이다. 이동가능한 리플렉터(114)가 상향 콘택트 포지션에 있을 경우 이동가능한 리플렉터(114)는 하나 또는 그 초과의 복원력 변경자들(140)에 접촉하도록 구성될 수 있는 하나 또는 그 초과의 제 1 부분들(예를 들어, 측방 부분들(111))을 포함할 수 있다. 이동가능한 리플렉터(114)의 제 2 부분(예를 들어, 중앙 부분(113))은, (예를 들어, 도 15에 도시된 바와 같은) 상향 콘택트 포지션을 지나 작동될 수 있고, 이는 이동가능한 리플렉터(114)로 하여금 플렉싱되게 하거나 또는 변형시킬 수 있다. 예를 들어, 중앙 부분(113)이 상향 콘택트 포지션을 지나 상향으로 연장될 수 있는 동안, 측방 부분들(111)이 상향 콘택트 포지션으로 유지될 수 있다. 레스팅 포지션에서 상향 콘택트 포지션으로 이동할 경우, 복원력은, 캔틸레버 스프링으로서 기능할 수 있는 변형가능한 엘리먼트들(134)(예를 들어, 그의 전체 변형가능한 길이들)에 의해 적어도 부분적으로 정의될 수 있다. 이동가능한 리플렉터(114)의 중앙 부분(113)이 상향 콘택트 포지션을 지나 작동되는 경우, 복원력은 변형가능한 엘리먼트들(134)(예를 들어, 그의 전체 변형가능한 길이들) 및 또한 이동가능한 리플렉터(114) 그 자체의 변형에 의해 적어도 부분적으로 정의될 수 있다. 이동가능한 리플렉터(114)가 변형될 경우(도 15), 이동가능한 리플렉터(114)는 이동가능한 리플렉터를 변형되지 않은 포지션을 향하여 다시 바이어싱하는 복원력을 가할 수 있다(도 14). IMOD(106)는, 이동가능한 리플렉터(114)가 상향 방향 및 /또는 하향 방향에서 작동될 경우 비선형 복원력을 가질 수 있다.

[0091] 일부 구현들에서, IMOD(106)는, 이동가능한 리플렉터(114)가 변형된 포지션에 있을 경우(도 15) 듀얼 광학 응답을 가질 수 있다. 예를 들어, 이동가능한 리플렉터(114)가 변형되는 경우, 캐비티 높이는 이동가능한 리플렉터(114)의 측방 부분들(111)에 대한 것보다 중앙 부분(113)에 대해 더 클 수 있다. 중앙 부분(113)은 제 1 컬러를 출력하도록 구성될 수 있고, 측방 부분들(111)은 제 1 컬러와는 상이한 제 2 컬러를 출력하도록 구성될 수 있다. 일부 구현들에서, 2개의 컬러들이 IMOD(106)에 대한 효과적인 하이브리드 컬러를 생성하기 위해서 혼합될 수 있다. 예를 들어, 측방 부분들(111)은 적색을 생성할 수 있고 중앙 부분(113)은 녹색을 생성할 수 있는데, 이는 사람의 시각 시스템에 의해 공간적으로 혼합되어 황색으로 나타날 수 있다. 이동가능한 리플렉터(114)의 상이한 부분들에 의해 생성되는 컬러들의 이러한 혼합은 IMOD 디스플레이 엘리먼트들에 대한 추가적인 컬러 선택들을 제공할 수 있다.

[0092] 도 16은 다중-상태 IMOD(108)의 다른 예시적인 구현의 단면도이다. 도 16의 IMOD(108)는 본원에 개시된 다양한 다른 구현들과 유사한, 또는 동일한 특징들을 포함할 수 있고, IMOD(108)와 관련하여 설명된 특징들은 본원에 개시된 다양한 다른 구현들에 포함될 수 있다. IMOD(108)는, 이동가능한 리플렉터(114)가 상향 방향으로 작동될 경우 비선형 복원력을 제공하도록 구성될 수 있는 하나 또는 그 초과의 가요성 엘리먼트들(148)을 포함할 수 있다. 가요성 엘리먼트들(148)은 이동가능한 리플렉터(114)와 복원력 변경자들(140) 사이에 포지셔닝될 수 있다. 예를 들어, 가요성 엘리먼트들(148)은 이동가능한 리플렉터(114)의 이면(112)(예를 들어, 이동가능한 리플렉터(114)의 측방 부분들)에 결합될 수 있다. 도 16에 도시되지는 않았지만, 일부 구현들에서, 가요성 엘리먼트들(148)은 마찬가지로, 또는 대안으로, 복원력 변경자들(140)에 (예를 들어, 그의 밑면에) 결합될 수 있다. 도 16은 이동가능한 리플렉터(114) 및 복원력 변경자들(140)과는 별개의 엘리먼트들로서 가요성 엘리먼트들(148)을 도시하지만, 일부 구현들에서, 가요성 엘리먼트들(148)은 이동가능한 리플렉터(114) 또는 복원력 변경자들(140)과 일체가 될 수 있다. 예를 들어, 가요성 엘리먼트들(148)은, 이동가능한 리플렉터(114)의 또는 복원력 변경자들(140)의 가요성 부분들일 수 있다.

[0093] 도 16은 레스팅 포지션에 있는 이동가능한 리플렉터(114)를 도시한다. 도 17은 작동 포지션에서의 도 16의 IMOD(108)의 단면도이다. 도 17에서, 가요성 엘리먼트들(148)은 부분적으로 압축될 수 있는데, 이는, 본원에 논의된 다른 구현들과 유사한 복원력을 증가시킬 수 있다. 이동가능한 리플렉터(114)가 레스팅 포지션으로부터 상향 콘택팅 포지션으로 이동함에 따라(여기서, 가요성 엘리먼트들(148)은, 예를 들어, 이동가능한 리플렉터(114)의 전극과 캡(146)의 전극 사이에 전압을 인가함으로써 또는 변형가능한 엘리먼트들(134)의 전극과 캡(146)의 전극 사이에 전압을 인가함으로써 이동가능한 리플렉터(114) 및 복원력 변경자들(140) 둘 모두와 접촉한다), 복원력이, 상술된 바와 같이, 캔틸레버 스프링들로서 기능할 수 있는 변형가능한 엘리먼트들(134)(예를 들어, 그의 전체 변형가능한 길이들)에 의해 적어도 부분적으로 정의될 수 있다. 이동가능한 리플렉터(114)가 상향 콘택팅 포지션을 지나 상향으로 작동될 경우, 가요성 엘리먼트들(148)이 이동가능한 리플렉터(114)와 복원력 변경자들(140) 사이에서 압축될 수 있으며, 이는, 레스팅 또는 비작동 포지션을 향하여 이동가능한 리플렉터(114)를 바이어싱하는 추가 복원력을 발생시킬 수 있다. IMOD(108)는 이것이 상향 방향으로 작동될 경우 비선형 복원력을 가질 수 있으며, 이는, 본원에 논의된 다른 구현들과 유사하게, 이동가능한 리플렉터(114)의 안정

한 모션 범위를 상향 방향으로 증가시킬 수 있다.

- [0094] [0112] 본원에 설명된 복원력 변경자들 중 2 또는 그 초과의 것의 조합들이 또한 가능하다. 예를 들어, IMOD는 복원력 변경자들(140, 142 및 144), 가요성 이동가능한 리플렉터(114), 및 가요성 엘리먼트들(148) 중 2개 또는 그 초과의 것을 (예를 들어, (도 12에 도시된 바와 같이) 복원력 변경자들(140 및 142)을 단독으로 또는 가요성 이동가능한 리플렉터(114) 및/또는 가요성 엘리먼트들(148)과 조합하여; (예를 들어, 도 13에 도시된 바와 같이) 복원력 변경자들(140 및 144)을 단독으로 또는 가요성 이동가능한 리플렉터(114) 및/또는 가요성 엘리먼트들(148)과 조합하여; 복원력 변경자들(140, 142 및 144)을 단독으로 또는 가요성 이동가능한 리플렉터(114) 및/또는 가요성 엘리먼트들(148)과 조합하는 식으로) 포함할 수 있다. 추가적인 복원력 변경자들은 IMOD의 안정한 포지션들의 수를 증가시킬 수 있지만, 제조 복잡성을 추가할 수도 있다.
- [0095] [0113] 도 18은 다중-상태 IMOD의 제조 프로세스(300)의 일 예시적인 구현을 도시하는 흐름도이다. 도 19a 내지 도 19k는 다중-상태 IMOD(400)(도 19k)를 제조하기 위한 프로세스(300)의 다양한 스테이지들의 단면도들이다. 방법(300) 및 IMOD(400)는 본원에 개시된 다양한 다른 구현들과 유사하거나 또는 동일한 특징들, 및 방법(300)과 관련하여 설명되는 특징들을 포함할 수 있고 IMOD(400)는 본원에 개시된 다양한 다른 구현들에 포함될 수 있다. 제조 프로세스(300)는 도 18에 도시되지 않은 추가적인 블록들 및 본원에서 구체적으로 논의되지 않은 추가적인 특징들을 포함할 수 있다. 프로세스(300)의 많은 블록 및 특징들이 도 4와 관련하여 설명된 블록 및 특징들과 유사하거나 또는 동일할 수 있다. 따라서, 도 4와 관련하여 설명된 특징들 중 많은 것이 프로세스(300)의 논의에서 반복되지 않는다.
- [0096] [0114] 프로세스(300)는 기판(420) 위에 광학 스택(416)이 형성되어 있는 블록(302)에서 시작할 수 있다. 도 19a는 기판(420) 위에 광학 스택(416)이 형성되어 있는 일례를 도시한다. 기판(420)은 도 1과 관련하여 상술된 재료들과 같이 유리 또는 플라스틱과 같은 투명 기판 일 수 있다. 기판(420)은 가요성이거나 또는 비교적 뺏뻣하고 벤딩되지 않을 수 있고, 광학 스택(416)의 효율적인 형성을 용이하게 하기 위한, 세정과 같은 종래의 준비 프로세스들을 거치지 않을 수도 있다. 상술된 바와 같이, 광학 스택(416)은 전기 전도성, 부분 투명성, 부분 반사성, 및 부분 흡수성일 수 있고, 예를 들어, 투명 기판(420) 상에 원하는 특성들을 갖는 하나 또는 그 초과의 층들을 중착시킴으로써 제조될 수 있다.
- [0097] [0115] 일부 구현들에서, 블랙 매트릭스(415)가 (예를 들어, 광학 스택(416)을 형성하기 전) 기판(420)의 부분들 위에 있을 수 있다. 도 19a는 기판(420) 위의 일 예시적인 블랙 매트릭스(415)를 도시한다. 블랙 매트릭스(415)는 다중 구조를 포함할 수 있다. 예를 들어, 블랙 매트릭스(415)는 알루미늄 산화물 또는 알루미나(Al_2O_3)층(약 60 옹스트롬 내지 약 100 옹스트롬, 또는 약 80 옹스트롬의 두께를 가질 수 있음)을 포함할 수 있으며, 이는 일부 경우들에서, IMOD(400)의 뷔잉 영역을 통해 연장될 수 있다. 블랙 매트릭스(415)는 또한, 몰리브덴 크롬(MoCr)층(약 40 옹스트롬 내지 약 60 옹스트롬, 또는 약 50 옹스트롬의 두께를 가질 수 있음), 실리콘 이산화물(SiO_2)층(약 500 옹스트롬 내지 약 1000 옹스트롬, 또는 약 750 옹스트롬의 두께를 가질 수 있음), 및 알루미늄 구리(AlCu)층(약 400 옹스트롬 내지 약 600 옹스트롬, 또는 약 500 옹스트롬의 두께를 가질 수 있음)을 포함할 수 있다. 본원에 설명된 다양한 예시적인 재료들 및 두께들에 대해 많은 변형들이 가능하다. 예를 들어, 블랙 매트릭스(415)의 SiO_2 층의 두께는, SiO_2 층 및/또는 부분 리플렉터 층(MoCr)의 광학 상수들(예를 들어, n(굴절률) 및 k(흡광 계수))에 의존할 수 있고, 부분 리플렉터 층(MoCr)의 두께에도 또한 의존할 수 있다. 다른 재료들, 이를 테면, 크롬(Cr), 바나듐(V), 게르마늄(Ge) 등은 MoCr 대신 부분 리플렉터 층을 위해 사용될 수 있다. SiO_2 층 및 부분 리플렉터 층 둘 모두의 두께는 부분 리플렉터 층 및 SiO_2 층의 광학 상수들에 의존할 수 있다. 일부 구현들에서, AlCu 층은 개선된 전기 전도율을 제공할 수 있는 약 3000 옹스트롬 내지 약 5000 옹스트롬의 두께를 가질 수 있고, 약 1 미크론과 약 2 미크론 사이의 두께를 갖는 평탄층(예를 들어, 스핀 온 글래스(SOG))이 AlCu 층 위에 배치될 수 있다. 일부 구현들에서, AlCu 층은, 예컨대 평탄층(예를 들어, SOG)이 생략될 경우, 약 300 옹스트롬 내지 약 1000 옹스트롬 사이의 두께를 가질 수 있다. MoCr, SiO_2 , 및 AlCu 층들은, IMOD(400)의 뷔잉가능 영역을 적어도 부분적으로 정의하기 위해 예칭될 수 있다.
- [0098] [0116] 도 19a에서, 더 많거나 또는 더 적은 서브층들이 일부 다른 구현들에 포함될 수 있지만, 광학 스택(416)은 아래에 논의된 바와 같은 서브층들을 갖는 다중 구조를 포함한다. 일부 구현들에서, 서브층들 중 하나는, 조합된 전도체/흡수체 서브층과 같은 광학적 흡수 특성 및 전기적 전도 특성 둘 모두를 갖게 구성될 수 있다. 일부 구현들에서, 서브층들 중 하나는 몰리브덴-크롬(몰리크롬 또는 MoCr), 또는 적절한 복소 굴절률을 갖는 다른 재료들을 포함할 수 있다. 서브층들 중 하나 또는 그 초과의 것이 평행 스트라이프들로 패터닝될 수 있고,

디스플레이 디바이스에 로우 전극들을 형성할 수 있다. 이러한 패터닝은, 본 기술에 알려진 마스킹 및 에칭 프로세싱 또는 다른 적절한 프로세스에 의해 수행될 수 있다. 일부 구현들에서, 서브층들 중 하나는 하나 또는 그 초과의 하부 금속 및/또는 산화물 층들(이를 테면, 하나 또는 그 초과의 반사성 및/또는 전도성 층들) 위에 증착되는 상부 서브층과 같은 절연 또는 유전체 층일 수 있다. 광학 스택(416)은 디스플레이의 로우들을 형성하는 개별 및 별도 스트라이프들로 패터닝될 수 있다. 일부 구현들에서, 광학 흡수층과 같은 광학 스택의 서브층들 중 적어도 하나는 (예를 들어, 본 개시물에 도시된 다른 층들에 비해) 상당히 얇을 수 있다.

[0099] [0117] 광학 스택은, 예를 들어, SiO_2 층(약 750 옹스트롬 내지 약 1250 옹스트롬, 약 300 옹스트롬 내지 약 3000 옹스트롬, 또는 약 1000 옹스트롬의 두께를 가질 수 있음), 스팬-온 글래스(SOG) 층(약 4000 옹스트롬 내지 약 6000 옹스트롬, 또는 약 5000 옹스트롬, 또는 약 1 미크론 내지 약 2 미크론의 두께를 가질 수 있음), 및 다른 SiO_2 층(약 750 옹스트롬 내지 약 1250 옹스트롬, 약 300 옹스트롬 내지 약 3000 옹스트롬, 또는 약 1000 옹스트롬의 두께를 가질 수 있음)을 포함할 수 있다. 이러한 층들은 (예를 들어, 블랙 매트릭스(415)) 아래 층들을 평탄화시킬 수 있다. SiO_2 층은 SOG 층과 주변 층들 사이에 베퍼를 제공할 수 있다. 광학 스택(416)은 (금속과 같이 전기 전도성 재료일 수 있는) 전극을 포함할 수 있다. 크롬(Cr) 층(약 40 옹스트롬 내지 약 60 옹스트롬, 또는 약 50 옹스트롬의 두께를 가질 수 있음)이 전극으로서 사용될 수 있고, SiO_2 층(약 75 옹스트롬 내지 약 125 옹스트롬, 또는 약 100 옹스트롬의 두께를 가질 수 있음)이 전극 층(예를 들어, Cr) 위에 있을 수 있다.

[0100] [0118] 프로세스(300)는 광학 스택(416) 위에 희생층(425)을 형성하는 블록(304)으로 계속된다. 희생층(425)은 캐비티(419)를 형성하기 위해 추후에 제거되기(블록 316 참고) 때문에, 희생층(425)이 도 19k의 결과적으로 생성되는 IMOD(400)에는 도시되지 않는다. 도 19a는 광학 스택(416) 위에 형성된 희생층(425)을 포함하는 부분적 제조 디바이스를 도시한다. 광학 스택(416) 위 희생층(425)의 형성은, 론칭(launching) 및 다른 인자들도 또한 캐비티(419)의 사이즈에 기여할 수 있지만, 후속 제거 이후 원하는 설계 사이즈를 갖는 캡 또는 캐비티(419)(도 19k를 또한 참조)를 제공하기 위해서 선택되는 두께로, 몰리브덴(Mo) 또는 비정질 실리콘(α -Si)과 같은 이플루오린화 제논(XeF_2)-에칭가능 재료의 증착을 포함할 수 있다. 희생층(425)의 두께는, 예를 들어, 약 2600 옹스트롬 내지 약 4600 옹스트롬, 또는 약 3600 옹스트롬일 수 있다. 희생 재료, 본원에 기재된 다양한 다른 층의 증착이 물리 기상 증착(PVD; 이는 스팍터링과 같은 많은 상이한 기술들을 포함함), PECVD(plasma-enhanced chemical vapor deposition), 열적 CVD(thermal chemical vapor deposition), 스팬-코트 프로세스, 슬릿 코트 프로세스, 스프레이 코트 프로세스, 또는 롤러 코트 프로세스와 같은 증착 기술들을 이용하여 수행될 수 있다.

[0101] [0119] 프로세스(300)는 이동가능한 리플렉터(414)를 형성하는 블록(306)에서 계속된다. 이동가능한 리플렉터(414)는, 예를 들어, 하나 또는 그 초과의 패터닝, 마스크 및/또는 에칭 단계들과 함께, 반사층(이를 테면, 알루미늄, 알루미늄 합금, 또는 반사성 재료들) 증착을 포함하는 하나 또는 그 초과의 증착 단계들을 이용함으로써 형성될 수 있다. 이동가능한 리플렉터(414)는, 예를 들어, 디스플레이의 컬럼들을 형성하는 개별 스트라이프 및 평행 스트라이프로 패터닝될 수 있는 하나 또는 그 초과의 층들을 포함할 수 있다. 이동가능한 리플렉터(414)는 전기 전도층을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 이동가능한 리플렉터(414) 복수의 서브층들을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 서브층들 중 하나 또는 그 초과의 것은 이들의 광학 특성들을 위해 선택된 고도의 반사성 서브층들을 포함할 수 있고, 다른 서브층은 그의 기계적 특성들을 위해 선택된 기계적 서브층(예를 들어, 지지 또는 보강재 서브층)을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 기계적 서브층은 유전체 재료를 포함할 수 있다.

[0102] [0120] 도 19b는 희생층(425) 위의 이동가능한 리플렉터(414)를 도시한다. 이동가능한 리플렉터(414)는 티타늄 산화물(TiO_2) 층(약 200 옹스트롬 내지 약 400 옹스트롬, 또는 약 300 옹스트롬일 수 있음), SiO_2 층(약 400 옹스트롬 내지 800 옹스트롬, 또는 약 600 옹스트롬일 수 있음), 및 AlCu 층일 수 있는 전기 전도층(약 200 옹스트롬 내지 약 400 옹스트롬, 약 200 옹스트롬 내지 약 500 옹스트롬, 또는 약 300 옹스트롬의 두께를 가질 수 있음)을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 전기 전도층(예를 들어, AlCu 층)은 또한 고도로 반사성일 수 있다. 이러한 층 위에, 이동가능한 리플렉터(414)는 실리콘-산질화물(SiON) 층(약 7500 옹스트롬 내지 약 12,500 옹스트롬, 약 5000 옹스트롬 내지 약 15,000 옹스트롬, 또는 10,000 옹스트롬의 두께를 가질 수 있음)일 수 있는 구조층(예를 들어, 보강재 층), 다른 전기 전도층, 예를 들어, AlCu 층(약 200 옹스트롬 내지 약 400 옹스트롬, 약 200 옹스트롬 내지 약 500 옹스트롬, 또는 약 300 옹스트롬의 두께를 가질 수 있음)일 수 있는 다른 전기 전도층, 다른 SiO_2 층(약 400 옹스트롬 내지 약 800 옹스트롬, 또는 약 600 옹스트롬일 수 있음), 및

다른 TiO_2 층(약 200 옹스트롬 내지 약 400 옹스트롬, 또는 약 300 옹스트롬일 수 있음)을 포함할 수 있다.

[0103] [0121] 보강재 층, 및 전도 층들의 대향 측면들에 있을 수 있는 전도층들(예를 들어, AlCu)은 (예를 들어, 이동 가능한 리플렉터(414)의 측들에서) 서로 접촉할 수 있고 혹은 그렇지 않으면, 서로 전기 통신 상태로 있을 수 있다. 일부 구현들에서, 이동가능한 리플렉터(414)의 이면에 의해 수용되는 전기 전하는, 보강재 층의 양 측상의 전도성 층들 사이의 전기 연결을 통해 이동가능한 리플렉터(414)의 전면으로 전달될 수 있다. 많은 변형들이 가능하다. 일부 구현들에서, 전극은 (예를 들어, 보강재 층 아래의) 이동가능한 리플렉터(414)의 전면 상에 있지 않다. 예를 들어, 이동가능한 리플렉터(414) 상의 전극이 (예를 들어, 보강재 층 위의) 이동가능한 리플렉터(414)의 이면에 있을 수 있고, 정전기력이 동작 동안 이동가능한 리플렉터(414)를 작동시키기 위해 이동 가능한 리플렉터(414)의 보강재 층을 통해 통과할 수 있다.

[0104] [0122] 프로세스(300)는 이동가능한 리플렉터(414) 위에 제 2 희생층(426)을 형성하는 블록(308)으로 진행할 수 있다. 도 19c는 패터닝 이후 이동가능한 리플렉터(414) 위의 제 2 희생 층(426)을 도시한다. 제 2 희생층(426)은 제 1 희생 층(425)과 유사한 재료들로 그리고 유사한 프로세스들을 이용하여 형성될 수 있거나, 또는 제 2 희생층(426)의 적어도 하나의 파라미터는 제 1 희생 층(425)의 파라미터(예를 들어, 두께, 재료, 평면 등)와는 상이할 수 있다. 후술하는 바와 같이, 제 2 희생층(426)은 이동가능한 리플렉터(414)와 복원력 변경자(440) 사이에 캡을 형성하기 위한 적절한 두께를 가질 수 있다. 제 2 희생층은, 예를 들어, 비정질 실리콘(a-Si)일 수 있고, 2600 옹스트롬 내지 약 4600 옹스트롬, 약 1000 옹스트롬 내지 약 5000 옹스트롬, 또는 약 3600 옹스트롬의 두께를 가질 수 있다.

[0105] [0123] 프로세스(300)는 제 2 희생층(426) 위에 복원력 변경자(440)를 형성하는 블록(310)으로 진행할 수 있다. 도 19d는 제 2 희생층(426) 위의 복원력 변경자들(440)을 도시한다. 복원력 변경자(440)는 보강재 층을 포함할 수 있고 보강재 층은 그의 일 측 또는 양 측들 상에 베퍼층들을 가질 수 있다. 예를 들어, 복원력 변경자(440)는 SiO_2 층(약 150 옹스트롬 내지 약 350 옹스트롬, 또는 약 250 옹스트롬의 두께를 가질 수 있음), SiON을 포함할 수 있고 그리고/또는 약 4000 옹스트롬 내지 약 6000 옹스트롬, 또는 약 5000 옹스트롬의 두께를 가질 수 있는 보강재층, 및 다른 SiO_2 층(약 150 옹스트롬 내지 약 350 옹스트롬, 또는 약 250 옹스트롬의 두께를 가질 수 있음)을 포함할 수 있다. SiON이 보강재 층을 위해 사용될 수 있는데, 이는, 그의 (예를 들어, 인장 및 압축 응력에 대한) 응력 저항이 넓은 범위에 걸쳐 조정될 수 있기 때문이다. SiO_2 층들은 보강층(예를 들어, SiON)을 보호할 수 있다. 예를 들어, SiO_2 가 SiON보다 에칠퐁트 재료(예를 들어, XeF_2)에 대해 더 양호한 저항을 가질 수 있으므로, (예를 들어, XeF_2 또는 다른 에칠퐁트 재료로부터) SiON 재료를 보호하기 위해서 SiON 재료 위, 아래, 주위 등에 SiO_2 재료가 배치될 수 있다. 일부 구현들에서, 복원력 변경자(440)는 실질적으로 강성일 수 있다. 예를 들어, 복원력 변경자(440)는, 정상 동작 동안, IMOD(400)의 동작에 영향을 미치는 방식으로 복원력 변경자(440)가 플렉싱 또는 벤딩되지 않을 정도로 충분히 강성일 수 있다. 변형가능한 엘리먼트들(434), 이동가능한 리플렉터(414), 및/또는 IMOD(400)의 다른 피처들이 복원력 변경자(440)에 대하여 가압될 경우, 복원력 변경자(440)의 임의의 플렉싱 또는 벤딩은, IMOD(400)에 의해 출력된 광의 컬러를 변경시키지 않을 정도로 충분히 작을 수 있다. 많은 변형들이 가능하다. 일부 구현들에서, 복원력 변경자(440)가 가요성이 있게 제조될 수 있으므로, 복원력 변경자(440)는, 변형가능한 엘리먼트들(434), 이동가능한 리플렉터(414), 및/또는 IMOD(400)의 다른 피처들이 복원력 변경자(440)에 대하여 가압될 경우 탄성적으로 벤딩될 수 있다. 복원력 변경자(440)의 벤딩은, 일부 구현들에서, (예를 들어, 레스팅 포지션을 향해 이동가능한 리플렉터(414)를 바이어싱하는) 복원력을 증가시킬 수 있다.

[0106] [0124] 프로세스(300)는 복원력 변경자들(440) 위에 제 3 희생층(427)을 형성하는 블록(312)으로 진행할 수 있다. 도 19e는 복원력 변경자들(440) 위의 제 3 희생층(427)을 도시한다. 제 3 희생층(427)은 제 1 희생층(425) 및/또는 제 2 희생층(426)과 유사한 재료들 및 유사한 프로세스들을 이용하여 형성될 수 있거나, 또는 제 3 희생층(427)의 적어도 하나의 파라미터는 제 1 희생층(425) 및/또는 제 2 희생층(426)의 파라미터(예를 들어, 두께, 재료, 평면 등)와는 상이할 수 있다. 제 3 희생층(427)은, 본원에 설명된 바와 같이, 복원력 변경자(440)와 변형가능한 엘리먼트들(434) 사이에 캡을 형성하기 위한 적절한 두께를 가질 수 있다. 제 3 희생층(427)은, 예를 들어, 비정질 실리콘(a-Si)일 수 있고, 약 1000 옹스트롬 내지 약 2000 옹스트롬, 또는 약 1500 옹스트롬의 두께를 가질 수 있다.

[0107] [0125] 프로세스(300)는 변형가능한 엘리먼트들(434)을 형성하는 블록(314)으로 진행할 수 있다. 도 19f는 제 3 희생층(427) 위의 변형가능한 엘리먼트들(434)을 도시한다. 변형가능한 엘리먼트들(434)은 변형가능한 엘리-

먼트들(434)로 하여금 탄성적으로 플렉싱되고 벤딩될 수 있게 하는 재료들 및 두께들로 이루어질 수 있으므로, 변형가능한 엘리먼트들(434)은 (예를 들어, 이동가능한 리플렉터(414)를 레스팅 포지션으로 바이어싱하기 위해) 본원에서 논의된 바와 같은 복원력을 제공할 수 있다. 변형가능한 엘리먼트들(434)은 이동가능한 리플렉터(414)의 이면에 결합될 수 있다. 일부 구현들에서, 변형가능한 엘리먼트들은, 이동가능한 리플렉터(414)의 전극에 전기적으로 연결될 수 있는 전기 전도층을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 변형가능한 엘리먼트(434)는, SiO₂일 수 있고 약 150 옹스트롬 내지 약 350 옹스트롬, 또는 약 250 옹스트롬의 두께를 가질 수 있는 베퍼층, SiON일 수 있고 약 750 옹스트롬 내지 약 1250 옹스트롬, 또는 약 1000 옹스트롬의 두께를 가질 수 있는 구조층, AlCu일 수 있고 약 200 옹스트롬 내지 약 400 옹스트롬, 또는 약 300 옹스트롬의 두께를 가질 수 있는 전기 전도층을 포함할 수 있다. 전기 전도층 위에, 변형가능한 엘리먼트들(434)이 SiON일 수 있고 약 750 옹스트롬 내지 약 1250 옹스트롬, 또는 약 1000 옹스트롬의 두께를 가질 수 있는 구조층, 및 SiO₂일 수 있고 약 150 옹스트롬 내지 약 350 옹스트롬, 또는 약 250 옹스트롬의 두께를 가질 수 있는 베퍼층을 포함할 수 있다. 전도층 양쪽의 산화물층은, 예를 들어, 열팽창의 계수에 있어서의 차들로 인한 응력들의 균형을 잡도록 도울 수 있고, 이는 레스팅 포지션의 안정성을 개선할 수 있다. SiON이 구조층을 위해 사용될 수 있는데, 이는, 그의 (예를 들어, 인장 및 압축 응력에 대한) 응력 저항이 넓은 범위에 걸쳐 조정될 수 있기 때문이다. SiO₂ 층은, 구조층들(예를 들어, SiON)을, 이를 테면, 에천트 재료(예를 들어, XeF₂)로부터 보호할 수 있다.

[0108]

[0126] 일부 경우들에서, 프로세스(300)는 블록(316)으로 진행할 수 있고, 아래에서 보다 구체적으로 설명되는 바와 같이, 희생층들(425, 426 및 427)이 제거될 수 있다. 일부 경우들에서, 프로세스는, IMOD(400)의 구조를 적어도 부분적으로 캡슐화하도록 진행할 수 있다. 도 19g를 참고하면, 제 4 희생층(428)이 변형가능한 엘리먼트들(434) 위에 있을 수 있다. 제 4 희생층(428)은 제 1 희생층(425), 제 2 희생층(426), 및/또는 제 3 희생층(427)과 유사한 재료들 및 유사한 프로세스들을 이용하여 형성될 수 있거나, 또는 제 4 희생층(428)의 적어도 하나의 파라미터는 제 1 희생층(425), 제 2 희생층(426), 및/또는 제 3 희생층(427)의 파라미터(예를 들어, 두께, 재료, 평면 등)와는 상이할 수 있다. 제 4 희생층(428)은, 변형가능한 엘리먼트들(434)로부터, 아래에 설명되는 캡슐층(450)을 이격시키기 위한 적절한 두께를 가질 수 있다. 제 4 희생층(428)은, 예를 들어, 비정질 실리콘(α -Si)일 수 있고, 약 1000 옹스트롬 내지 약 2000 옹스트롬, 또는 약 1500 옹스트롬의 두께를 가질 수 있다.

[0109]

[0127] 도 19h를 참고하면, 캡슐층(450)은 제 4 희생층(428) 위에 있을 수 있다. 캡슐층(450)은, SiO₂일 수 있고 약 150 옹스트롬들 내지 약 350 옹스트롬들, 또는 약 250 옹스트롬들의 두께를 가질 수 있는 베퍼층, 및 SiON일 수 있고 약 4000 옹스트롬들 내지 약 6000 옹스트롬들, 또는 약 5000 옹스트롬들의 두께를 가질 수 있는 구조층을 포함할 수 있다. 도 19i를 참고하면, 상부 금속층(452)은 캡슐층(450) 위에 있을 수 있다. 상부 금속층(452)은 알루미늄(Al) 또는 알루미늄 구리(AlCu)일 수 있고, 약 3000 옹스트롬 내지 약 12,000 옹스트롬, 또는 약 5000 옹스트롬 내지 약 10,000 옹스트롬의 두께를 가질 수 있다. 도 19j를 참고하면, 패시베이션층(454)이 상부 금속층(452) 위에 있을 수 있다. 패시베이션층(454)은 SiON을 포함할 수 있고 약 4000 옹스트롬 내지 약 6000 옹스트롬, 또는 약 5000 옹스트롬의 두께를 가질 수 있다. (예를 들어, 1000 옹스트롬 내지 약 2000 옹스트롬, 또는 약 1500 옹스트롬의 두께를 갖는) SOG를 포함할 수 있는 평탄화 층(458)이 패시베이션층(454) 위에 있을 수 있다. (예를 들어, 750 옹스트롬 내지 1250 옹스트롬, 또는 약 1000 옹스트롬의 두께를 갖는 SiO₂를 포함하는) 캡핑층(456)이 평탄화 층(458) 위에 있을 수 있다.

[0110]

[0128] 도 19k를 참고하면, 박막 트랜지스터들이 (예를 들어, 평탄층(458) 위에) 포함될 수 있다. 예를 들어, IMOD(400)는 드레인(460) 및 소스(462)를 포함할 수 있다. 비아들(예컨대 비아(466))이, 예를 들어, IMOD(400)의 피처들 사이에 전기 연결을 확립하기 위해서 IMOD 구조에 형성될 수 있다. 예를 들어, 이동가능한 리플렉터(414)의 전극이, 변형가능한 엘리먼트(434)의 전기 전도층을 통해 그리고 비아(466)를 통하여 드레인(460)에 전기적으로 결합될 수 있다.

[0111]

[0129] 일부 구현들에서, 릴리즈 홀(464)이 IMOD 구조의 층들을 통해 생성되어 희생층들(425, 426, 427 및 428)이 제거되게 할 수 있다. 제 4 희생층(428)은 변형가능한 엘리먼트들(434)과 캡슐층(450) 사이에 캡을 제공하기 위해 제거될 수 있다. 블록(316)에서, 제 3 희생층(427)은 복원력 변경자(440)와 변형가능한 엘리먼트(434) 사이에 제 3 캡을 생성하기 위해서 제거될 수 있다. 프로세스(300)의 블록(320)에서, 제 1 희생층(425)이 광학 스택(416)과 이동가능한 리플렉터(414) 사이에 제 1 캡을 생성하기 위해서 제거될 수 있다. 블록(318)에서, 제 2 희생층(426)은 이동가능한 리플렉터(414)와 복원력 변경자(440) 사이에 제 2 캡을 생성하기 위해서 제거될 수 있다. 희생층들(425, 426, 427 및 428)은 희생층들(425, 426, 427 및 428)을 하나 또는 그 초과

의 에천트들에 노출시킴으로써 제거될 수 있다. 희생층들(425, 426, 427, 및 428)은 하나의 에천트로 함께 제거될 수 있다. 희생층들(425, 426, 427 및 428)은 프로세스(300)의 단일 스테이지로서 제거될 수 있다. 일부 예들에서, 희생층들(425, 426, 427 및 428)은 2개 또는 그 초과의 에천트들에 의해, 또는 프로세스(300)의 2개 또는 그 초과의 스테이지들에 의해 제거될 수 있다. Mo 또는 비정질 Si와 같은 에칭가능한 희생 재료는, 희생 층들(425, 426, 427 및 428)을 고형 XeF₂로부터 유도된 증기들과 같은 기체 또는 증기 에천트에, 원하는 재료의 양을 제거하기에 효과적인 일정 시간 기간 동안, 노출시킴으로써 건식 화학 에칭에 의해 제거될 수 있다. 습식 에칭 및/또는 플라즈마 에칭과 같은 다른 에칭 방법들이 또한 사용될 수 있다. 희생 재료들(425, 426, 427, 및 428)의 제거 이후, 결과적으로 얻어진 완전히 또는 부분적으로 제조된 IMOD 디스플레이 엘리먼트는 본원에서 "릴리즈" IMOD(400)로 지칭될 수 있다.

[0112] [0130] 일부 구현들에서, 상기 설명된 프로세스(300)의 다양한 부분들이 생략, 재배열, 및 변경될 수 있다. 예를 들어, 일부 구현들에서, IMOD(400)는 캡슐화되지 않고, 도 19g 내지 19kg와 관련하여 논의된 다양한 피쳐들이 생략될 수 있다. 다양한 재료들이, 예시적인 구현들에서 구체적으로 언급되었던 재료들로 대체될 수 있고, 언급된 층들의 두께는 구체적으로 논의되었던 범위들로부터 변경될 수 있다. 프로세싱(300) 및 IMOD(400)와 관련하여 설명된 다양한 피쳐들이 본원에 설명된 피쳐들 중 일부를 생략하는 구현들에서 사용될 수 있다. 예를 들어, 변형가능한 엘리먼트들(434) 및/또는 이동가능한 리플렉터(414)는 복원력 변경자(440)를 포함하지 않고 프로세스(300)의 예와 유사하게 형성될 수 있다. 일부 구현들에서, 전기 접속이, 변형가능한 엘리먼트(434)의 전기 전도층을 통해 이동가능한 리플렉터(414)의 이면에 제공될 수 있다. 일부 구현들에서, 전기 접속은, 본원에서 논의된 바와 같이, 이동가능한 리플렉터(414)의 이면으로부터 이동가능한 리플렉터(414)의 전면으로 연장될 수 있다. 이러한 피쳐들은, 프로세싱(300) 및 IMOD(400)와 관련하여 논의된 다른 피쳐들을 포함하지 않는 구현들에 포함될 수 있다.

[0113] [0131] 도 20a 및 도 20b는 복수의 IMOD 디스플레이 엘리먼트들을 포함하는 디스플레이 디바이스(40)를 도시하는 시스템 블록도들이다. 디스플레이 디바이스(40)는, 예를 들어, 스마트 폰, 셀룰러 또는 모바일 전화일 수 있다. 그러나, 디스플레이 디바이스(40)의 동일한 컴포넌트들 또는 이들의 약간의 변형들이 또한, 텔레비전들, 컴퓨터들, 태블릿들, e-리더기들, 핸드-헬드 디바이스들 및 휴대용 미디어 디바이스들과 같은 다양한 타입들의 디스플레이 디바이스들을 예시한다.

[0114] [0132] 디스플레이 디바이스(40)는 하우징(41), 디스플레이(30), 안테나(43), 스피커(45), 입력 디바이스(48), 및 마이크로폰(46)을 포함한다. 하우징(41)은 사출 성형(injection molding), 및 진공 성형(vacuum forming)을 포함하는 임의의 다양한 제조 프로세스들로 형성될 수 있다. 또한, 하우징(41)은, 플라스틱, 금속, 유리, 고무, 및 세라믹, 또는 이들의 조합을 포함하지만 이에 제한되지 않는 임의의 다양한 재료들로 만들어질 수 있다. 하우징(41)은, 상이한 컬러의, 또는 상이한 로고들, 그림들 또는 심볼들을 포함하는 다른 제거가능한 부분들과 상호교환될 수 있는 제거가능한 부분들(도시안됨)을 포함할 수 있다.

[0115] [0133] 디스플레이(30)는 본원에 설명하는 바와 같이, 쌍안정 또는 아날로그 디스플레이를 포함하는 다양한 디스플레이들 중 임의의 디스플레이일 수 있다. 디스플레이(30)는 또한 플라즈마, EL, OLED, STN LCD, 또는 TFT LCD와 같은 평판 디스플레이, 또는 CRT 또는 다른 튜브 디바이스와 같은 비-평판 디스플레이를 포함하도록 구성될 수 있다. 또한, 디스플레이(30)는 본원에 설명하는 바와 같이, IMOD 기반 디스플레이를 포함할 수 있다.

[0116] [0134] 디스플레이 디바이스(40)의 컴포넌트들은 도 20a에 개략적으로 도시되어 있다. 디스플레이 디바이스(40)는 하우징(41)을 포함하고 그 안에 적어도 부분적으로 인클로징된(enclosed) 추가의 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 디스플레이 디바이스(40)는 트랜시버(47)에 커플링될 수 있는 안테나(43)를 포함하는 네트워크 인터페이스(27)를 포함한다. 네트워크 인터페이스(27)는 디스플레이 디바이스(40) 상에 디스플레이될 수 있는 이미지 데이터에 대한 소스일 수 있다. 그에 따라, 네트워크 인터페이스(27)는 이미지 소스 모듈의 일레이지만, 프로세서(21) 및 입력 디바이스(48)는 또한 이미지 소스 모듈로서 역할을 할 수 있다. 트랜시버(47)는 컨디셔닝 하드웨어(52)에 연결되는 프로세서(21)에 연결된다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 신호를 컨디셔닝(이를테면, 신호를 필터링하거나 그렇지 않으면 조정)하도록 구성될 수 있다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 스피커(45) 및 마이크로폰(46)에 연결될 수 있다. 프로세서(21)는 또한 입력 디바이스(48) 및 드라이버 제어기(29)에 연결될 수 있다. 드라이버 제어기(29)는 프레임 버퍼(28) 및 어레이 드라이버(22)에 커플링될 수 있고, 어레이 드라이버(22)는 차례로 디스플레이 어레이(30)에 커플링될 수 있다. 도 20a에 구체적으로 도시되지 않은 엘리먼트들을 포함하는 디스플레이 디바이스(40)의 하나 이상의 엘리먼트들은 메모리 디바이스로서 기능하도록 구성될 수 있고 프로세서(21)와 통신하도록 구성될 수 있다. 일부 구현들에서, 전력 공급기(50)는 특정 디스플레이

디바이스(40) 설계에 있어 실질적으로 모든 컴포넌트들에 전력을 제공할 수 있다.

[0117] [0135] 네트워크 인터페이스(27)는, 디스플레이 디바이스(40)가 하나 또는 그 초과의 디바이스들과 네트워크를 통해 통신할 수 있도록, 안테나(43) 및 트랜시버(47)를 포함한다. 네트워크 인터페이스(27)는 또한 예를 들어, 프로세서(21)의 데이터 프로세싱 요건들을 완화시키기 위한 일부 프로세싱 능력들을 가질 수 있다. 안테나(43)는 신호들을 송신 및 수신할 수 있다. 일부 구현들에서, 안테나(43)는 IEEE 16.11(a), (b), 또는 (g)를 포함하는 IEEE 16.11 표준, 또는 IEEE 802.11a, b, g, n 및 그의 추가의 구현들을 포함하는 IEEE 802.11 표준에 따라 RF 신호들을 송신 및 수신한다. 일부 다른 구현들에서, 안테나(43)는 Bluetooth® 표준에 따라 RF 신호들을 송신 및 수신한다. 셀룰러 전화의 경우에서, 안테나(43)는 코드 분할 다중 액세스(CDMA), 주파수 분할 다중 액세스(FDMA), 시간 분할 다중 액세스(TDMA), 이동 통신을 위한 글로벌 시스템(GSM), GSM/범용 패킷 무선 서비스(GPRS), 인핸스드 데이터 GSM 환경(EDGE), TETRA(Terrestrial Trunked Radio), 광대역 CDMA(W-CDMA), EV-DO(Evolution Data Optimized), 1xEV-DO, EV-DO Rev A, EV-DO Rev B, 고속 패킷 액세스(HSPA), 고속 다운링크 패킷 액세스(HSDPA), 고속 업링크 패킷 액세스(HSUPA), 이별브드 고속 패킷 액세스(HSPA+), 롱 텀 에볼루션(LTE), AMPS, 또는 3G, 4G 또는 5G 기술을 활용하는 시스템과 같은 무선 네트워크내에서 통신하기 위해 사용되는 다른 공지된 신호들을 수신하도록 설계될 수 있다. 트랜시버(47)는 안테나(43)로부터 수신된 신호들이 프로세서(21)에 의해 수신될 수 있고 프로세서(21)에 의해 추가로 조작될 수 있도록 이들 신호들을 예비-프로세싱할 수 있다. 트랜시버(47)는 또한 프로세서(21)로부터 수신되는 신호들이 안테나(43)를 통해 디스플레이 디바이스(40)로부터 송신될 수 있도록 이들 신호들을 프로세싱할 수 있다.

[0118] [0136] 일부 구현들에서, 트랜시버(47)는 수신기로 대체될 수 있다. 또한, 일부 구현들에서, 네트워크 인터페이스(27)는 프로세서(21)로 전송될 이미지 데이터를 저장하거나 생성할 수 있는 이미지 소스로 대체될 수 있다. 프로세서(21)는 디스플레이 디바이스(40)의 전체 동작을 제어할 수 있다. 프로세서(21)는 네트워크 인터페이스(27) 또는 이미지 소스로부터의 압축된 이미지 데이터와 같은 데이터를 수신하고, 이 데이터를 미가공(raw) 이미지 데이터로, 또는 미가공 이미지 데이터로 용이하게 프로세싱될 수 있는 포맷으로 프로세싱한다. 프로세서(21)는 프로세싱된 데이터를 드라이버 제어기(29)에 전송할 수 있거나 또는 저장을 위해 프레임 버퍼(28)에 전송할 수 있다. 미가공 데이터는 통상적으로, 이미지 내의 각 위치에서 이미지 특징들을 식별하는 정보로 지칭한다. 예를 들어, 이러한 이미지 특징들은 컬러, 채도(saturation), 및 그레이-스케일(gray-scale) 레벨을 포함할 수 있다.

[0119] [0137] 프로세서(21)는 디스플레이 디바이스(40)의 동작을 제어하기 위한 마이크로제어기, CPU, 또는 로직 유닛을 포함할 수 있다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는, 신호들을 스피커(45)에 송신하며, 마이크로폰(46)으로부터 신호들을 수신하기 위한, 증폭기들 및 필터들을 포함할 수 있다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 디스플레이 디바이스(40)내의 개별 컴포넌트들일 수 있거나, 프로세서(21) 또는 다른 컴포넌트들내에 통합될 수 있다.

[0120] [0138] 드라이버 제어기(29)는 프로세서(21)에 의해 생성된 미가공 이미지 데이터를 프로세서(21) 또는 프레임 버퍼(28)로부터 직접적으로 취할 수 있고, 어레이 드라이버(22)로의 고속 송신을 위해 미가공 이미지 데이터를 적절하게 재포맷할 수 있다. 일부 구현들에서, 드라이버 제어기(29)는 미가공 이미지 데이터를 래스터형(raster-like) 포맷을 갖는 데이터 흐름으로 재포맷할 수 있어, 이는 디스플레이 어레이(30)에 걸쳐 스캐닝에 적합한 시간 순서를 갖게 된다. 그 후, 드라이버 제어기(29)는 포맷된 정보를 어레이 드라이버(22)에 전송한다. LCD 제어기와 같은 드라이버 제어기(29)가 독립형 접적 회로(IC)로서 시스템 프로세서(21)와 종종 연관되지만, 이러한 제어기들은 다수의 방식들로 구현될 수 있다. 예를 들어, 제어기들은 하드웨어로서 프로세서(21)에 내장될 수 있거나, 소프트웨어로서 프로세서(21)에 내장될 수 있거나, 어레이 드라이버(22)와 함께 하드웨어로 완전히 통합될 수 있다.

[0121] [0139] 어레이 드라이버(22)는 드라이버 제어기(29)로부터 포맷된 정보를 수신할 수 있고, 디스플레이 엘리먼트들의 디스플레이의 x-y 매트릭스로부터 오는 수백, 및 종종 수천(또는 그 이상)의 리드(lead)들에 초당 여러 번 인가되는 과정들의 병렬 세트로 비디오 데이터를 재포맷할 수 있다.

[0122] [0140] 일부 구현들에서, 드라이버 제어기(29), 어레이 드라이버(22), 및 디스플레이 어레이(30)는 본원에 설명된 임의의 타입들의 디스플레이들에 적절하다. 예를 들어, 드라이버 제어기(29)는 종래의 디스플레이 제어기 또는 쌍안정 디스플레이 제어기(이를테면, IMOD 디스플레이 엘리먼트 제어기)일 수 있다. 추가로, 어레이 드라이버(22)는 종래의 드라이버 또는 쌍안정 디스플레이 드라이버(이를테면, IMOD 디스플레이 엘리먼트 드라이버)일 수 있다. 더욱이, 디스플레이 어레이(30)는 종래의 디스플레이 어레이 또는 쌍안정 디스플레이 어레이(이를테면, IMOD 디스플레이 엘리먼트들의 어레이를 포함하는 디스플레이)일 수 있다. 일부 구현들에서, 드라이버

제어기(29)는 어레이 드라이버(22)와 통합될 수 있다. 이러한 구현은 고집적 시스템들, 예를 들어 모바일 전화들, 휴대용 전자 디바이스들, 시계들 또는 소형(small-area) 디스플레이들에서 유용할 수 있다.

[0123] [0141] 일부 구현들에서, 입력 디바이스(48)는 예를 들어, 사용자가 디스플레이 디바이스(40)의 동작을 제어하게 하도록 구성될 수 있다. 입력 디바이스(48)는 QWERTY 키보드 또는 전화 키패드와 같은 키패드, 버튼, 스위치, 락커, 터치 감지형 스크린, 디스플레이 어레이(30)와 통합된 터치 감지형 스크린 또는 압력- 또는 열- 감지 멤브레인을 포함할 수 있다. 마이크로폰(46)은 디스플레이 디바이스(40)용 입력 디바이스로서 구성될 수 있다. 일부 구현들에서, 마이크로폰(46)을 통한 음성 커맨드들이 디스플레이 디바이스(40)의 동작들을 제어하기 위해 사용될 수 있다.

[0124] [0142] 전력 공급기(50)는 다양한 에너지 저장 디바이스들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 전력 공급기(50)는 니켈-카드뮴 배터리 또는 리튬-이온 배터리와 같은 재충전가능한 배터리일 수 있다. 재충전가능한 배터리를 사용하는 구현들에서, 재충전가능한 배터리는 예를 들어, 벽 소켓 또는 광전지 디바이스 또는 어레이로부터 오는 전력을 사용하여 충전가능할 수도 있다. 대안적으로, 재충전가능한 배터리는 무선으로 충전가능할 수 있다. 전력 공급기(50)는 또한, 재생가능한 에너지 소스, 커패시터, 또는 플라스틱 태양 전지 또는 태양 전지 페인트를 포함하는 태양 전지일 수 있다. 전력 공급기(50)는 또한 벽 콘센트(wall outlet)로부터 전력을 수신하도록 구성될 수 있다.

[0125] [0143] 일부 구현들에서, 제어 프로그램가능성(control programmability)은 전자 디스플레이 시스템의 여러 장소들에 위치될 수 있는 드라이버 제어기(29)에 상주한다. 일부 다른 구현들에서, 제어 프로그램가능성은 어레이 드라이버(22)에 상주한다. 전술된 최적화는, 많은 수의 하드웨어 및/또는 소프트웨어 컴포넌트들로 그리고 다양한 구성들로 구현될 수 있다.

[0126] [0144] 본원에 이용된 바와 같이, 아이템들의 리스트 중 "적어도 하나"를 참조하는 문구는 단일 부재들을 포함하는 이들 아이템들의 임의의 조합을 지칭한다. 일례로서, "a, b, 또는 c 중 적어도 하나"는: a, b, c, a-b, a-c, b-c, 및 a-b-c를 커버하도록 의도된다.

[0127] [0145] 본원에 개시된 구현들과 관련하여 개시된 다양한 예시적인 로직들, 로직 블록들, 모듈들, 회로들 및 알고리즘 단계들은, 전자 하드웨어, 컴퓨터 소프트웨어, 또는 이들 둘의 조합들로서 구현될 수 있다. 하드웨어 및 소프트웨어의 상호교환 가능성은 일반적으로 기능성의 측면에서 설명되어 있고, 위에서 설명된 다양한 예시적 컴포넌트들, 블록들, 모듈들, 회로들 및 단계들로 예시되어 있다. 이러한 기능성이 하드웨어로 구현되는지 또는 소프트웨어로 구현되는지는 특정 애플리케이션 및 전체 시스템에 부과되는 설계 제약들에 의존한다.

[0128] [0146] 본원에 개시된 양상들과 관련하여 설명된 다양한 예시적인 로직들, 로직 블록들, 모듈들, 및 회로들을 구현하는데 이용된 하드웨어 및 데이터 프로세싱 장치는, 범용 단일-칩 또는 멀티-칩 프로세서, 디지털 신호 프로세서(DSP), 주문형 집적 회로(ASIC), 필드 프로그램 가능 게이트 어레이(FPGA) 또는 다른 프로그래머블 로직 디바이스, 이산 게이트 또는 트랜지스터 로직, 이산 하드웨어 컴포넌트들, 또는 여기에서 설명된 기능들을 수행하도록 설계된 이들의 임의의 조합으로 구현되거나 수행될 수 있다. 범용 프로세서는 마이크로프로세서일 수 있거나 또는 임의의 종래의 프로세서, 컨트롤러, 마이크로컨트롤러, 또는 상태 머신일 수 있다. 또한, 프로세서는 컴퓨팅 디바이스들의 조합, 예를 들면, DSP와 마이크로프로세서의 조합, 복수의 마이크로프로세서들, DSP 코어와 협력하는 하나 또는 그 초과의 마이크로프로세서들, 또는 임의의 다른 이러한 구성으로서 구현될 수 있다. 일부 구현들에서, 특정 단계들 및 방법들은 주어진 기능에 특정된 회로에 의해 수행될 수 있다.

[0129] [0147] 하나 또는 그 초과의 양상들에서, 설명된 기능들은 본 명세서에서 개시된 구조들 및 이 개시된 구조들과의 구조적 균등률들을 포함한 하드웨어, 디지털 전자 회로, 컴퓨터 소프트웨어, 펌웨어로, 또는 이들의 임의의 조합으로 구현될 수 있다. 본 명세서에서 설명된 요지의 구현들은 또한, 데이터 프로세싱 장치에 의한 실행을 위해, 또는 그 장치의 동작을 제어하기 위해 컴퓨터 저장 매체들 상에 인코딩된, 하나 또는 그 초과의 컴퓨터 프로그램들, 즉, 컴퓨터 프로그램 명령들의 하나 또는 그 초과의 모듈들로서 구현될 수 있다.

[0130] [0148] 본 개시물에서 설명된 구현들에 대한 다양한 수정들은 당업자들에게 용이하게 명백할 것이고, 여기에서 정의된 일반적인 원리들은 본 개시물의 사상 또는 범위를 벗어나지 않고 다른 구현들에 적용될 수 있다. 따라서, 청구항들은 본원에서 도시된 구현들로 제한되도록 의도되는 것이 아니라, 본원에 개시된 개시내용, 원리들 및 신규한 특징들과 일치하는 최광의 범위에 따른다. 부가적으로, 당업자는 용어들 "상부" 및 "하부"가 때때로 도면들의 설명을 용이하게 하기 위해 이용되며, 적합하게 배향된 페이지 상의 도면의 배향에 대응하는 상대적인 포지션들을 표시하고, 구현된 바와 같은 IMOD 디스플레이 엘리먼트 (또는 임의의 다른 디바이스)의 적합한 배향

을 반영하지 않을 수 있다는 것을 용이하게 인식할 것이다.

[0131]

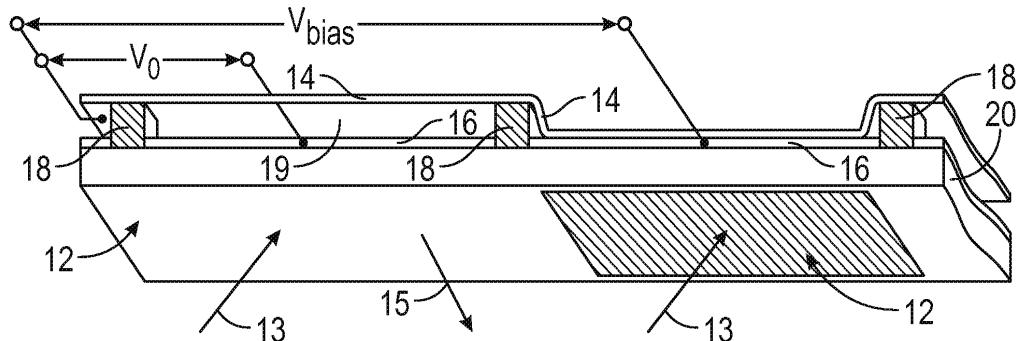
[0149] 개별적인 구현들에서 이 명세서에서 설명되는 특징들은 또한 결합되어 단일 구현으로 구현될 수 있다. 반대로, 단일 구현의 맥락에서 설명되는 다양한 특징들은 또한 개별적으로 다수의 구현들로 또는 임의의 적절한 서브-조합으로 구현될 수 있다. 아울러, 특징들이 특정한 조합들로 동작하는 것으로 앞서 설명되거나 심지어 초기에 이와 같이 청구될지라도, 몇몇 경우들에서, 청구된 조합으로부터의 하나 또는 그 초과의 특징들은 그 조합으로부터 제거될 수 있고, 청구된 조합은 서브-조합 또는 서브-조합의 변화에 관련될 수 있다.

[0132]

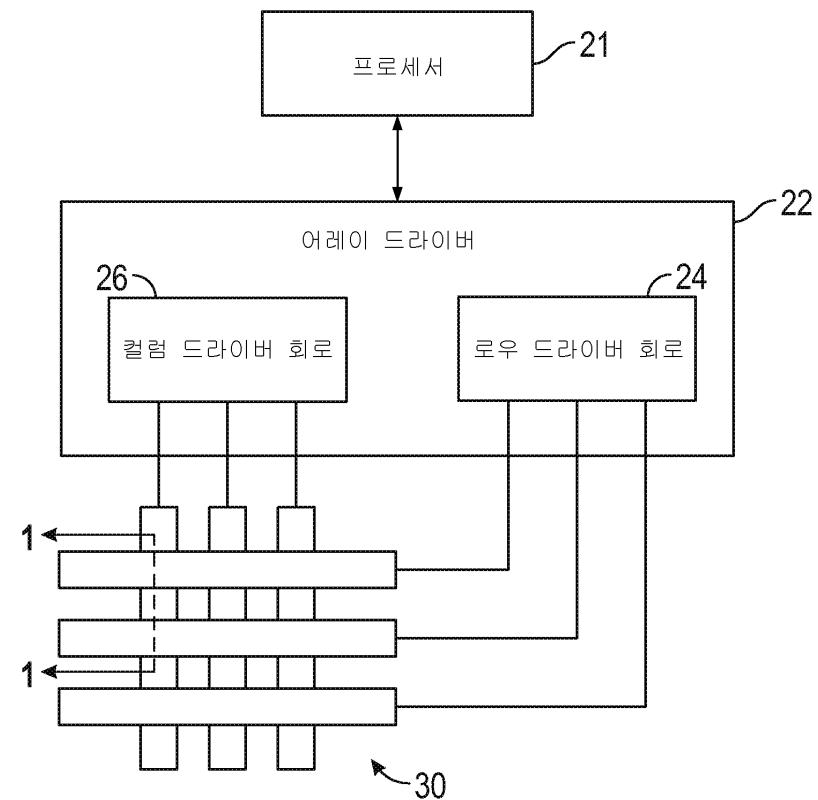
[0150] 유사하게, 동작들은 도면들에서 특정한 순서로 도시되지만, 당업자는, 바람직한 결과들을 달성하기 위해, 이러한 동작들이 도시된 특정한 순서 또는 순차적 순서로 수행되거나 또는 모든 예시된 동작들이 수행될 필요가 없다는 것을 용이하게 인지할 것이다. 게다가, 도면들은 2 이상의 예시적인 프로세스들을 흐름도의 형태로 개략적으로 도시할 수 있다. 그러나, 도시되지 않은 다른 동작들이 개략적으로 예시된 예시의 프로세스들에 통합될 수 있다. 예를 들어, 하나 또는 그 초과의 추가적인 동작들은, 임의의 예시된 동작들 이전에, 이후에, 동시에, 또는 그 사이에 수행될 수 있다. 특정한 환경들에서, 멀티태스킹 및 병렬 프로세싱이 유리할 수 있다. 아울러, 앞서 설명된 구현들에서 다양한 시스템 컴포넌트들의 분리는 모든 구현들에서 이러한 분리를 요구하는 것으로 이해되어서는 안 되며, 설명된 프로그램 컴포넌트들 및 시스템들이 일반적으로 단일 소프트웨어 물건들로 함께 통합되거나 또는 다수의 소프트웨어 물건들로 패키징될 수 있음이 이해되어야 한다. 추가적으로, 다른 구현들은 하기 청구항들의 범위 내에 있다. 일부의 경우들에서, 청구항들에서 언급된 액션들은 상이한 순서로 수행될 수 있고, 바람직한 결과들을 여전히 달성할 수 있다.

도면

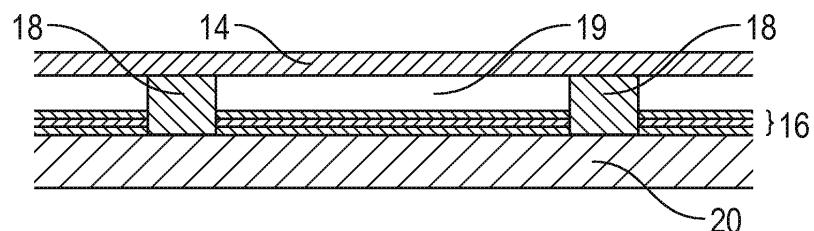
도면1



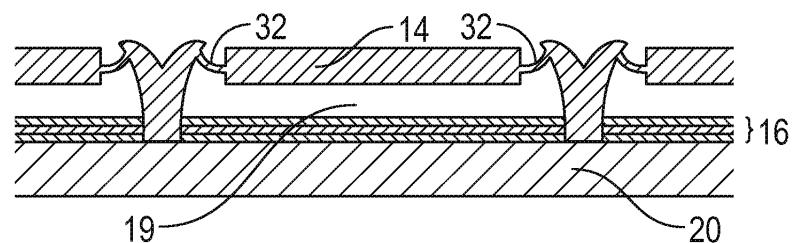
도면2



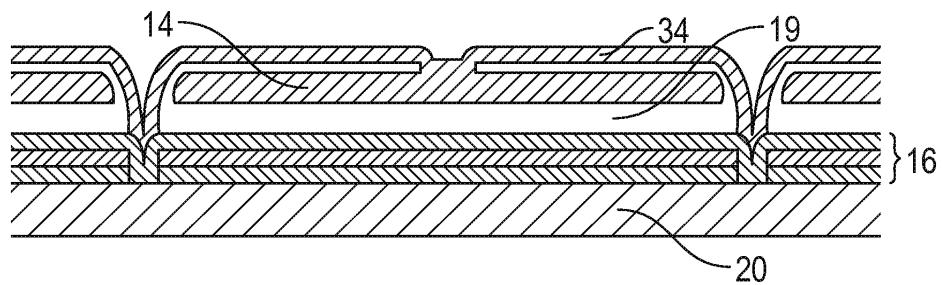
도면3a



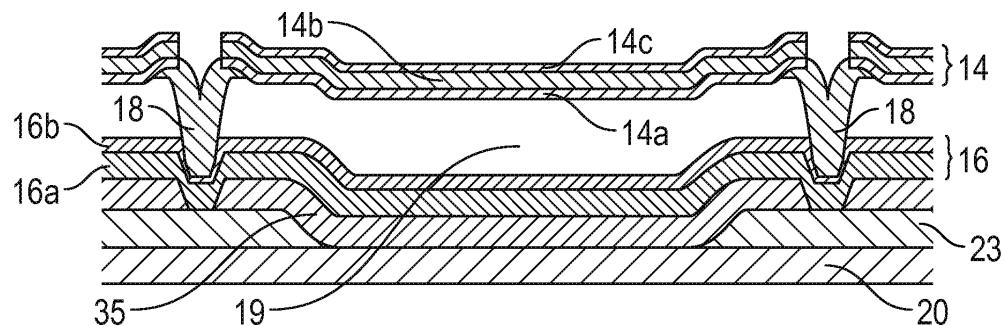
도면3b



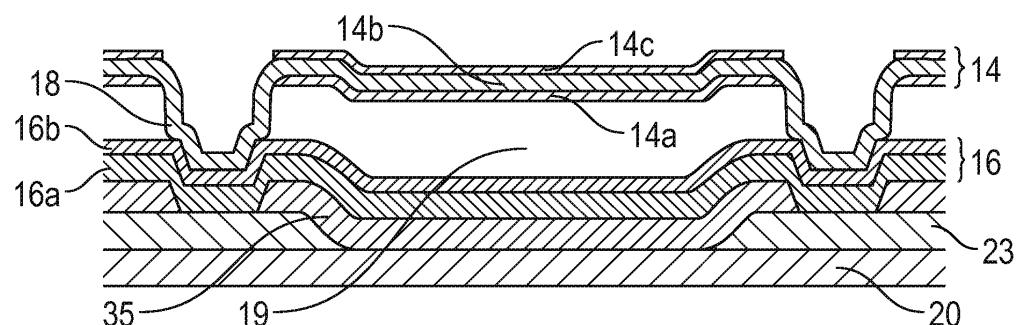
도면3c



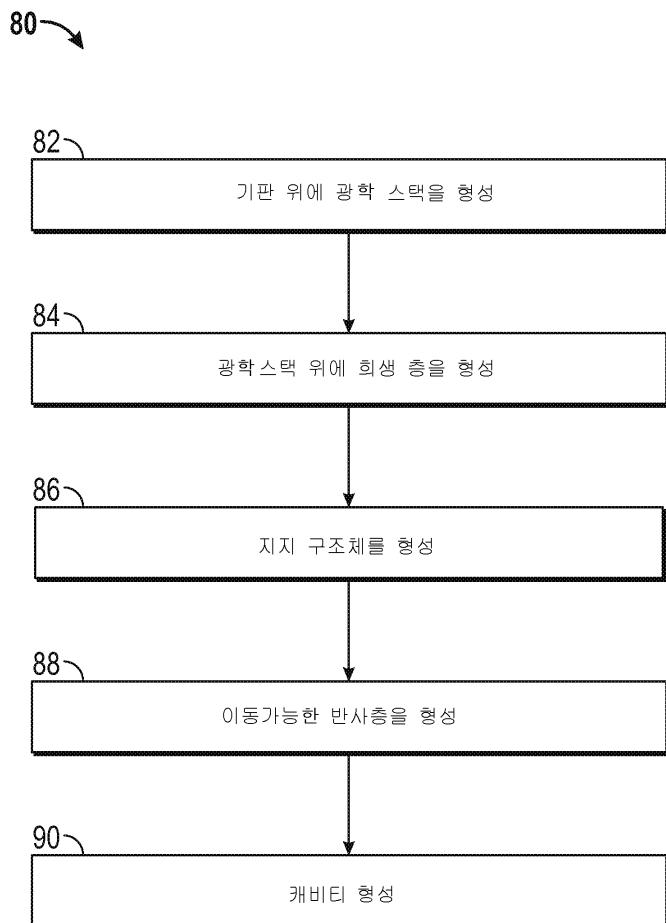
도면3d



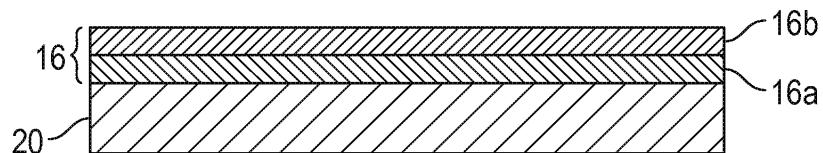
도면3e



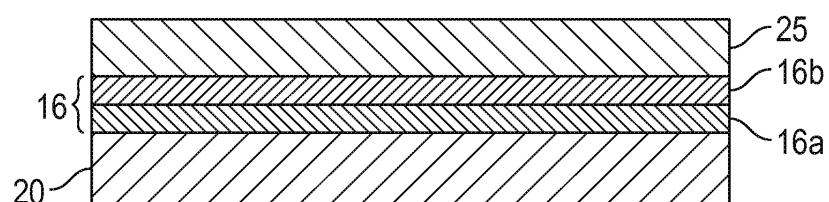
도면4



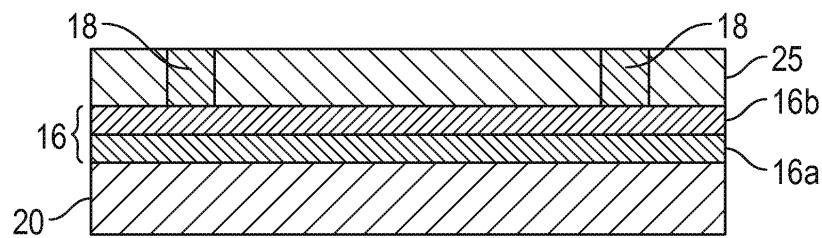
도면5a



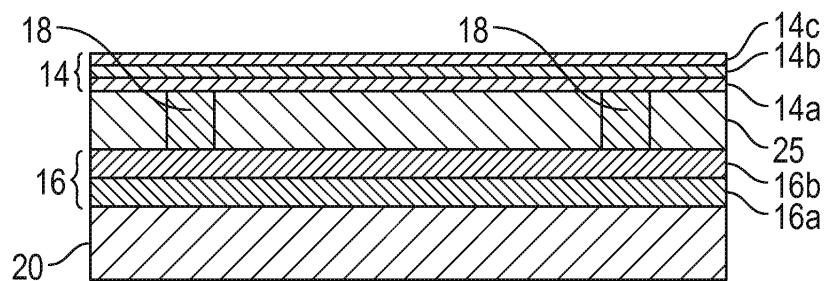
도면5b



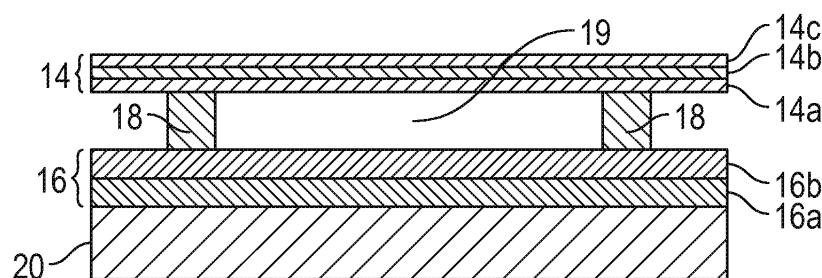
도면5c



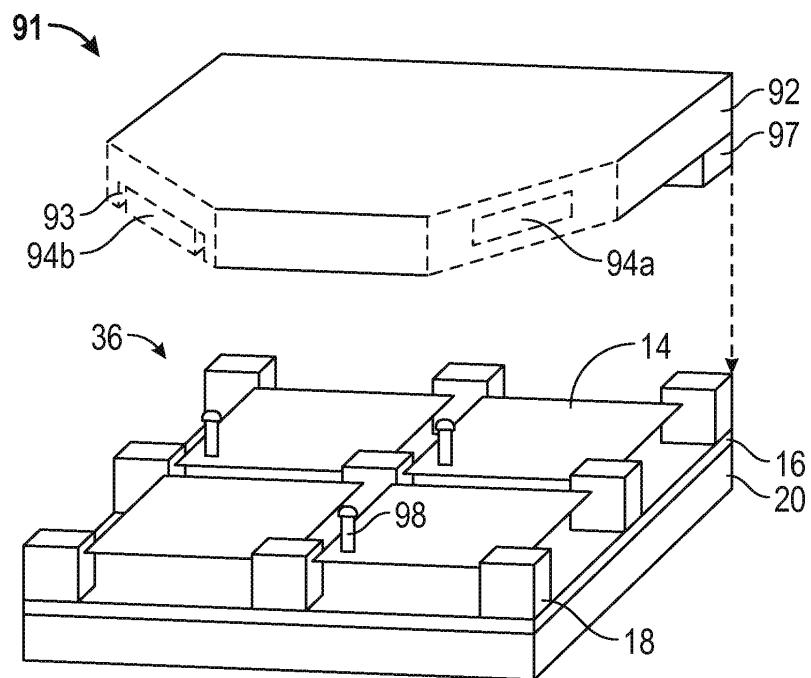
도면5d



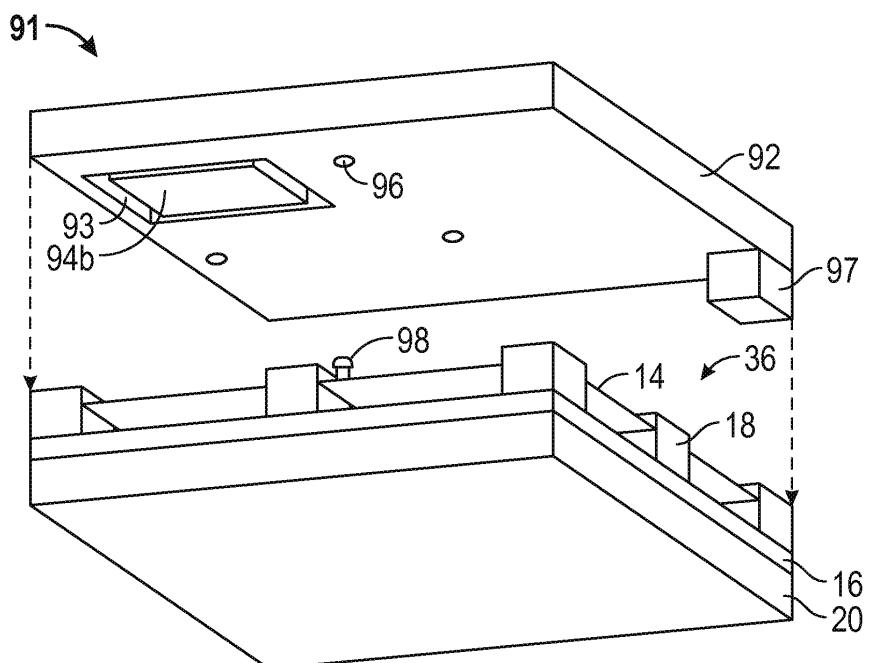
도면5e



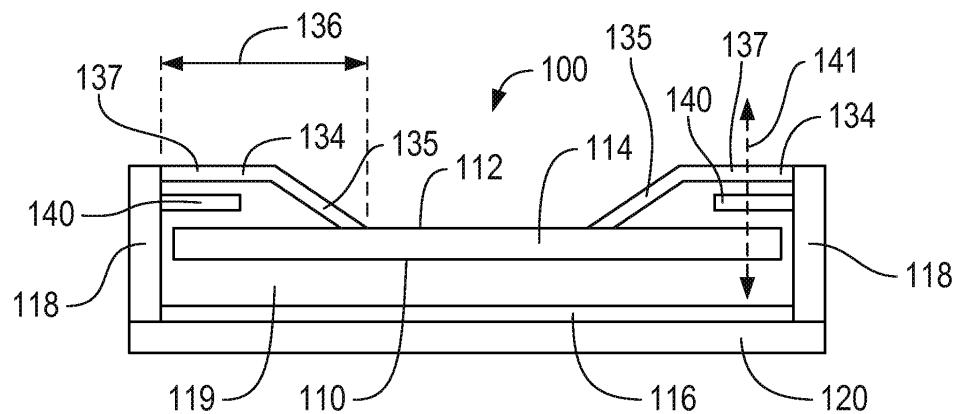
도면6a



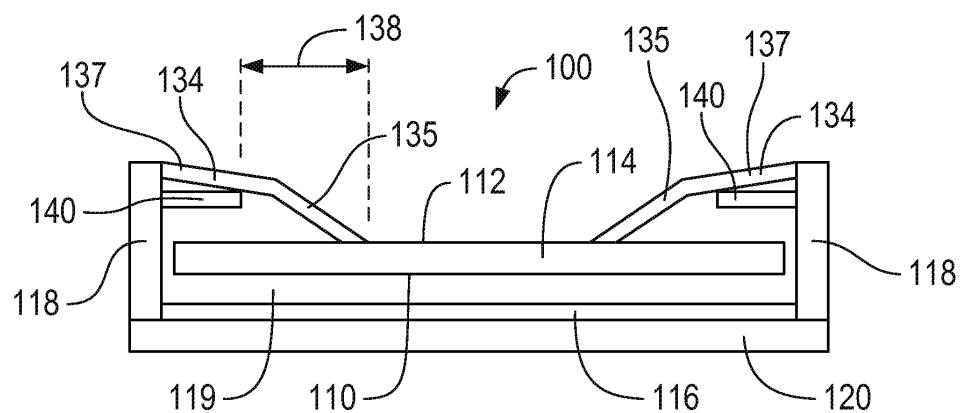
도면6b



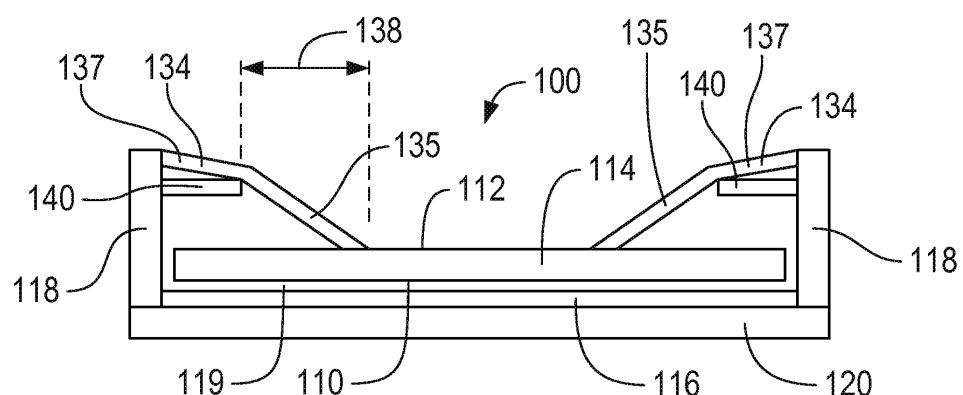
도면7



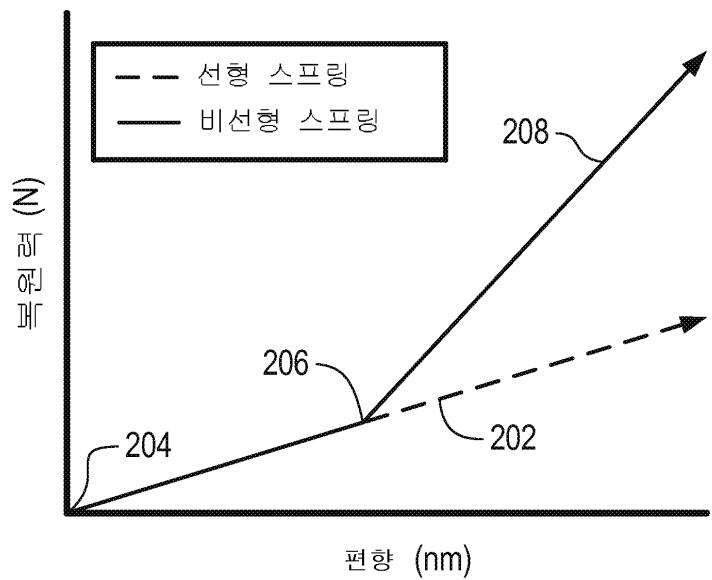
도면8



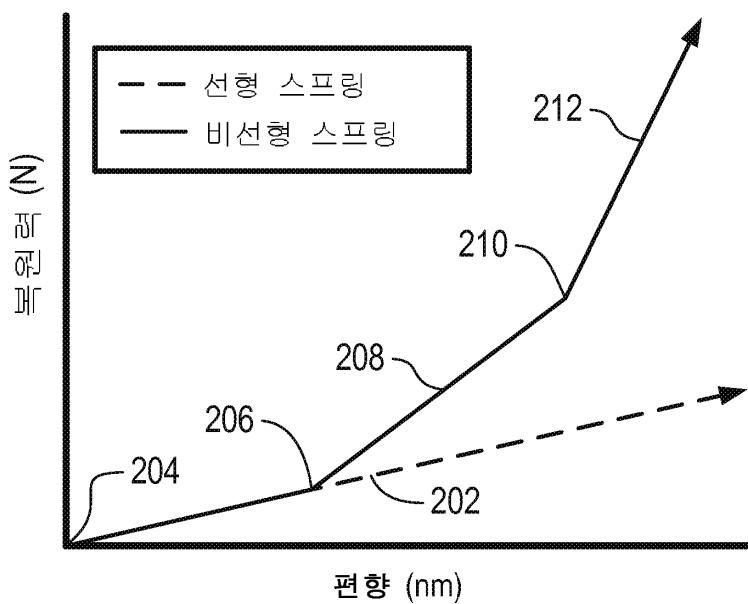
도면9



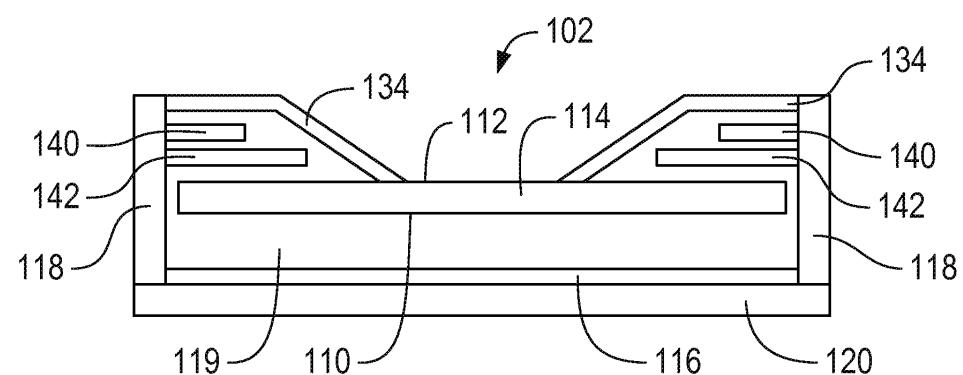
도면10



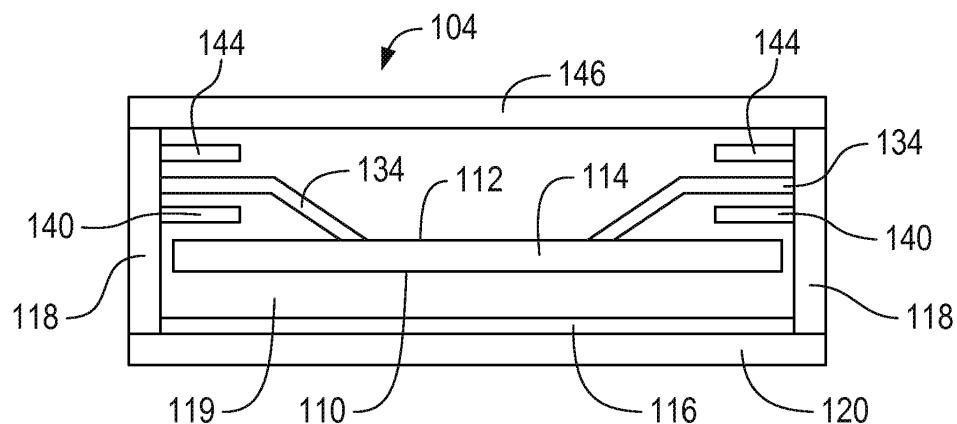
도면11



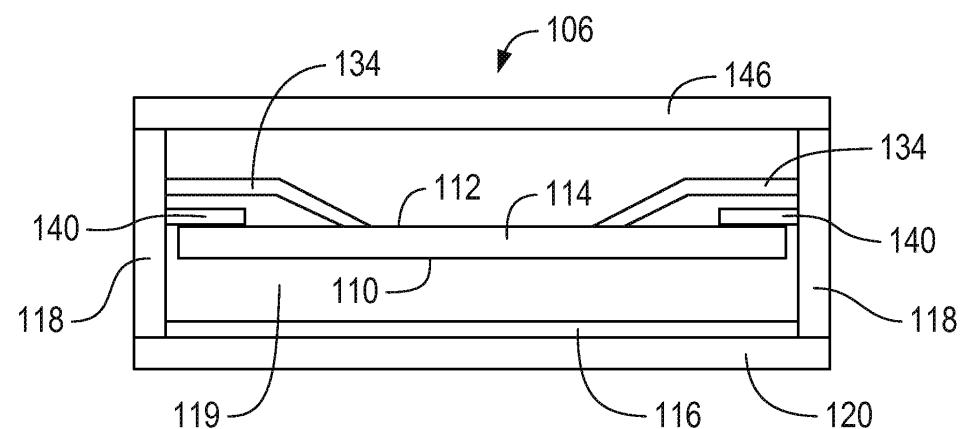
도면12



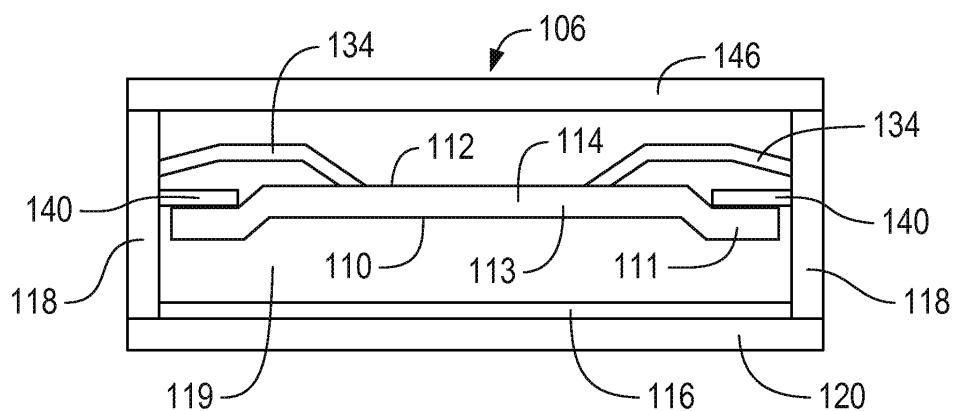
도면13



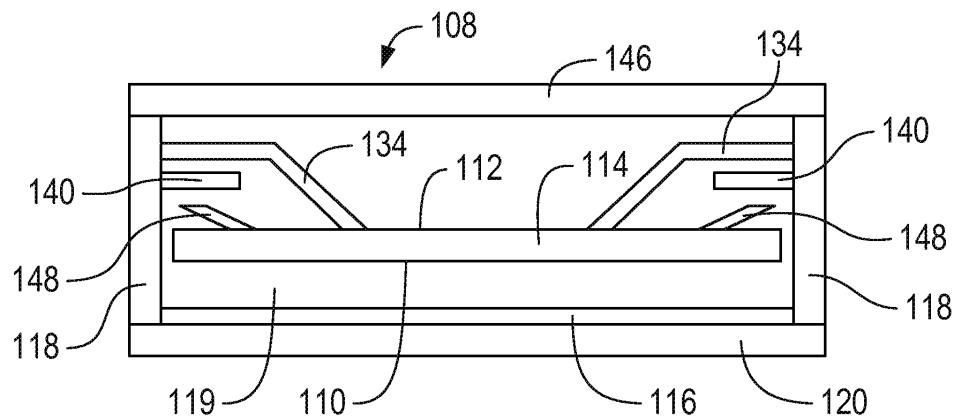
도면14



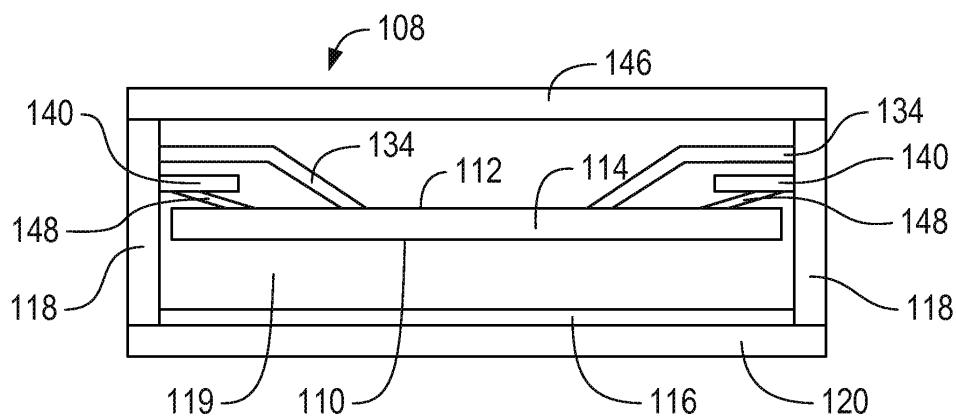
도면15



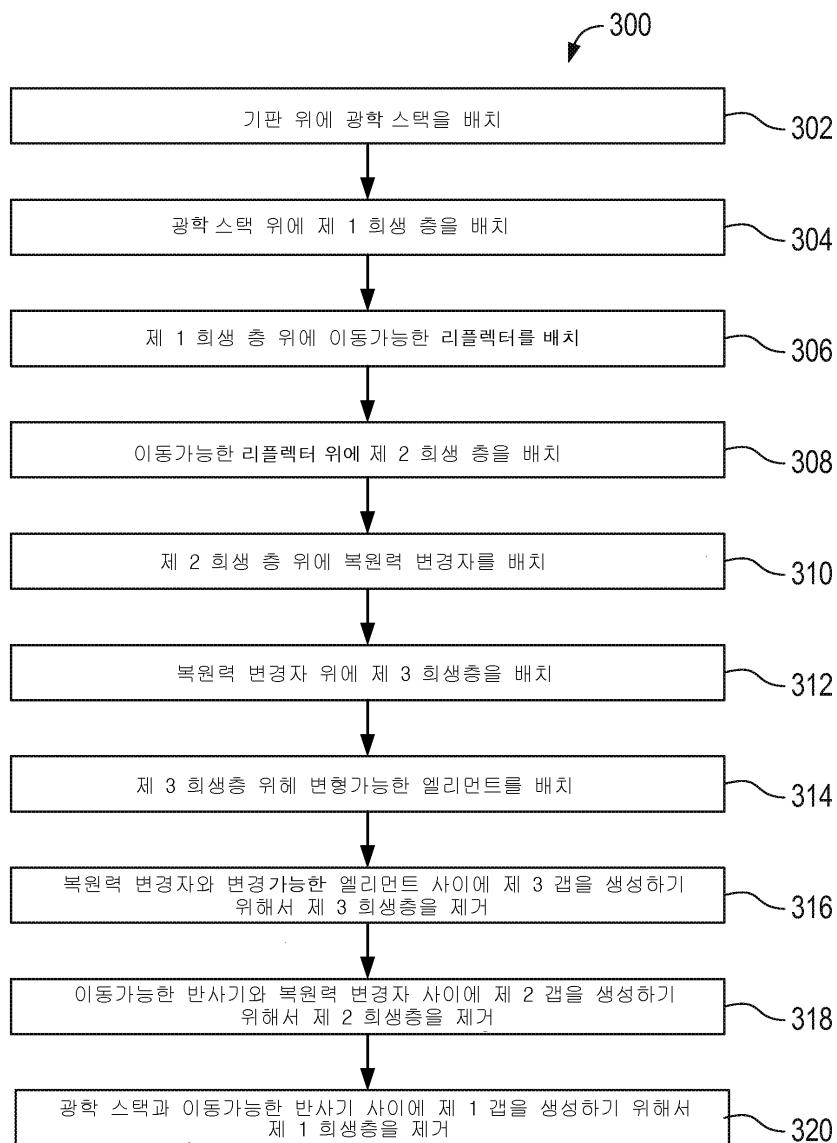
도면16



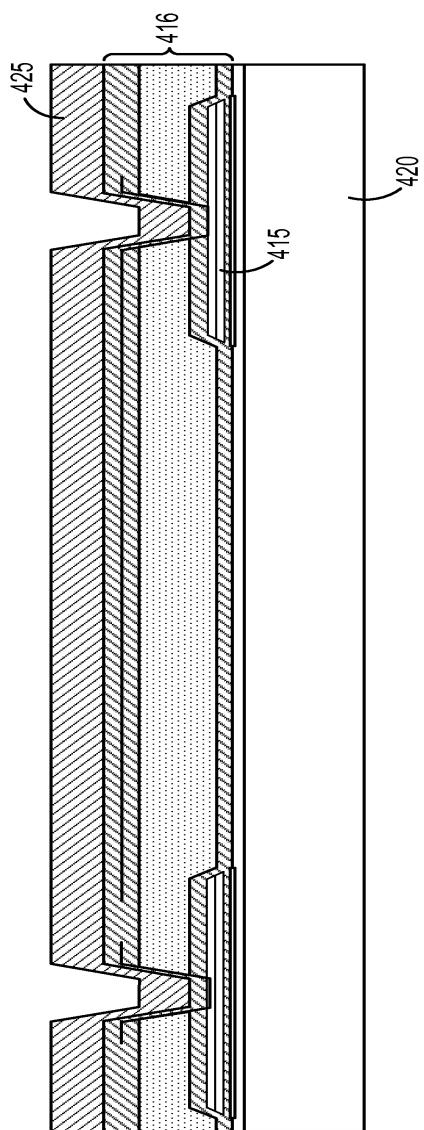
도면17



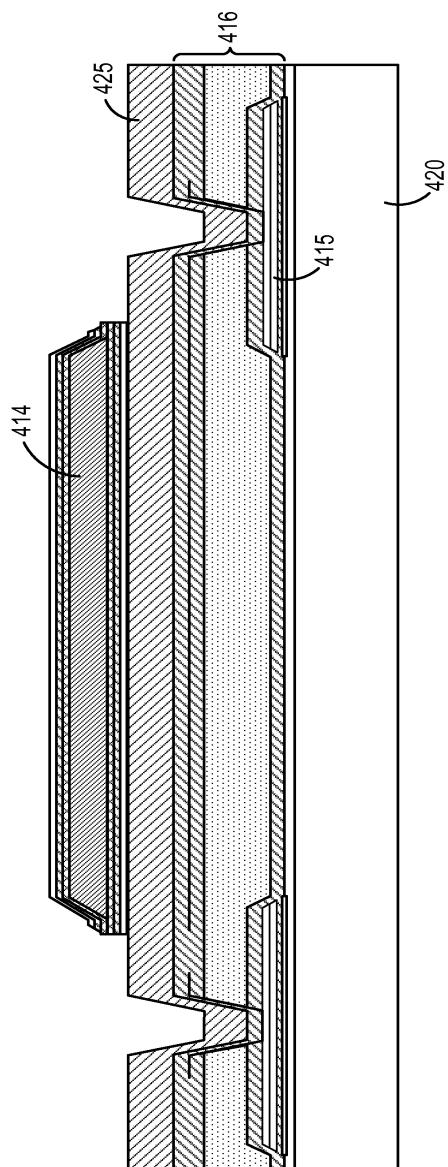
도면18



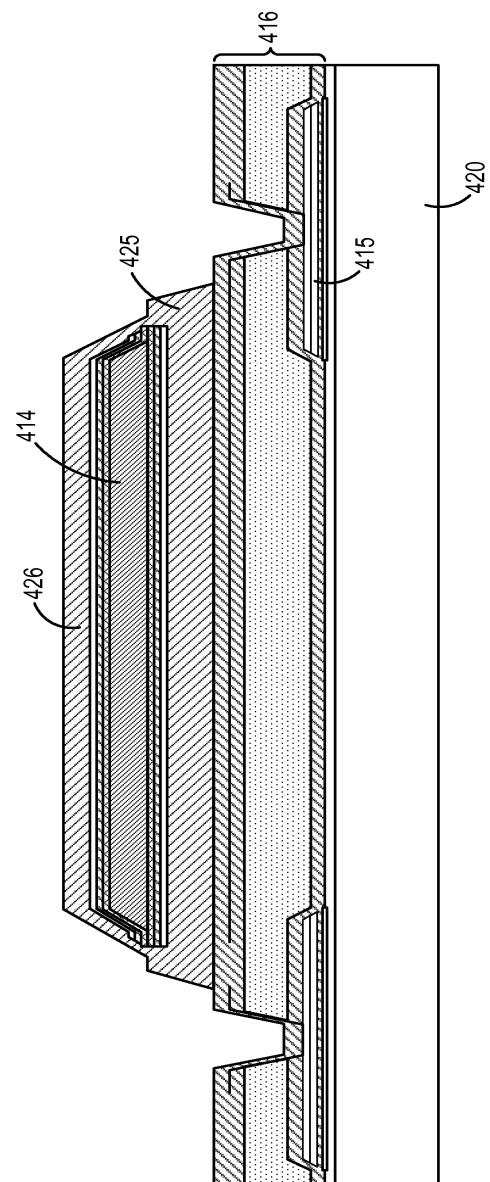
도면19a



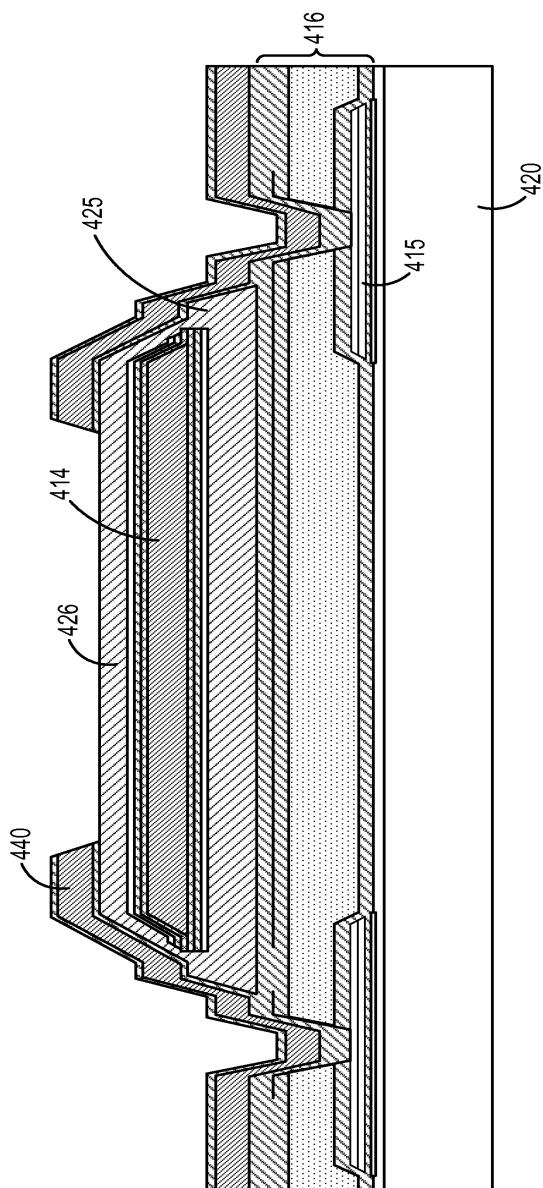
도면19b



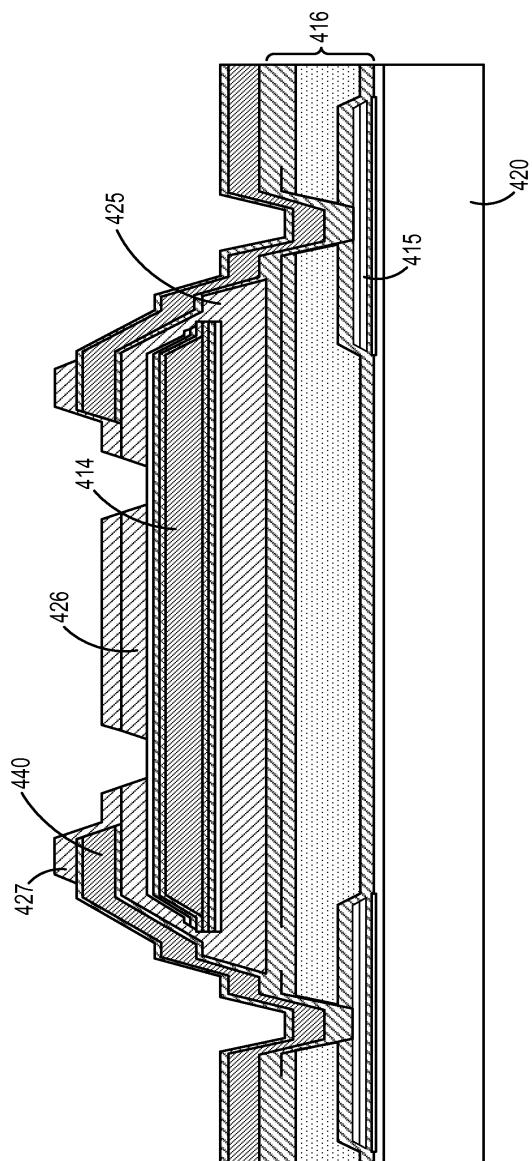
도면19c



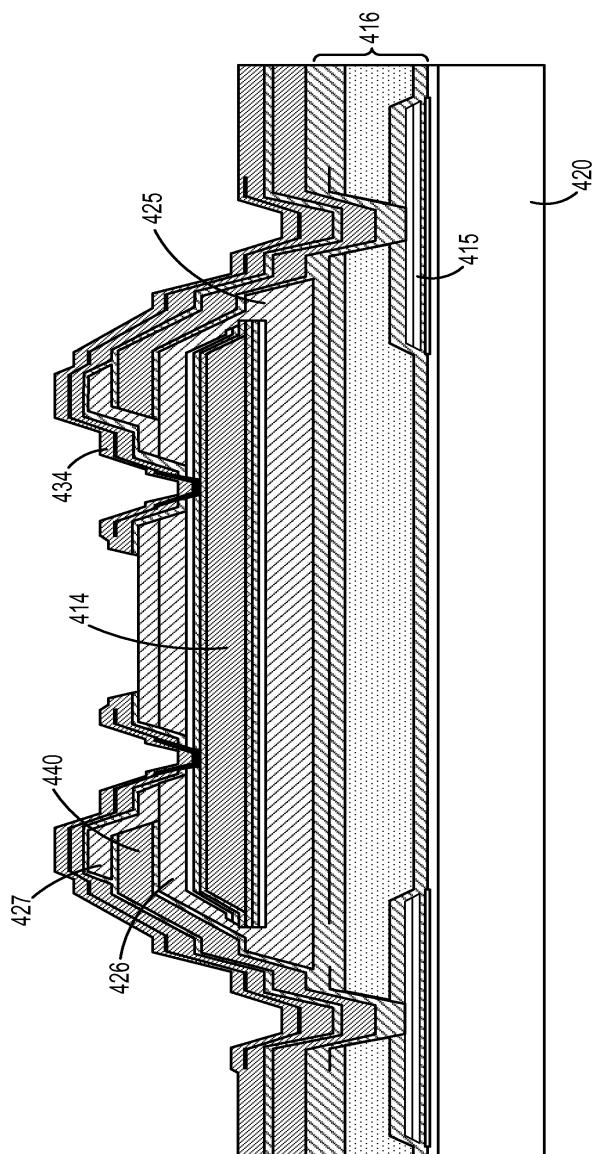
도면19d



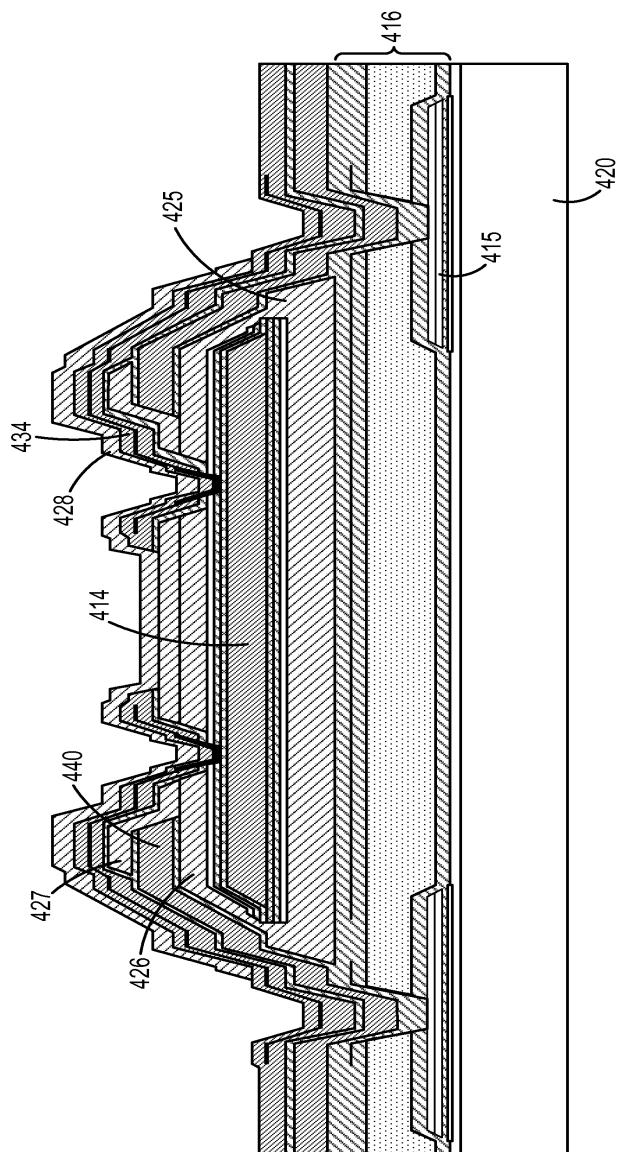
도면19e



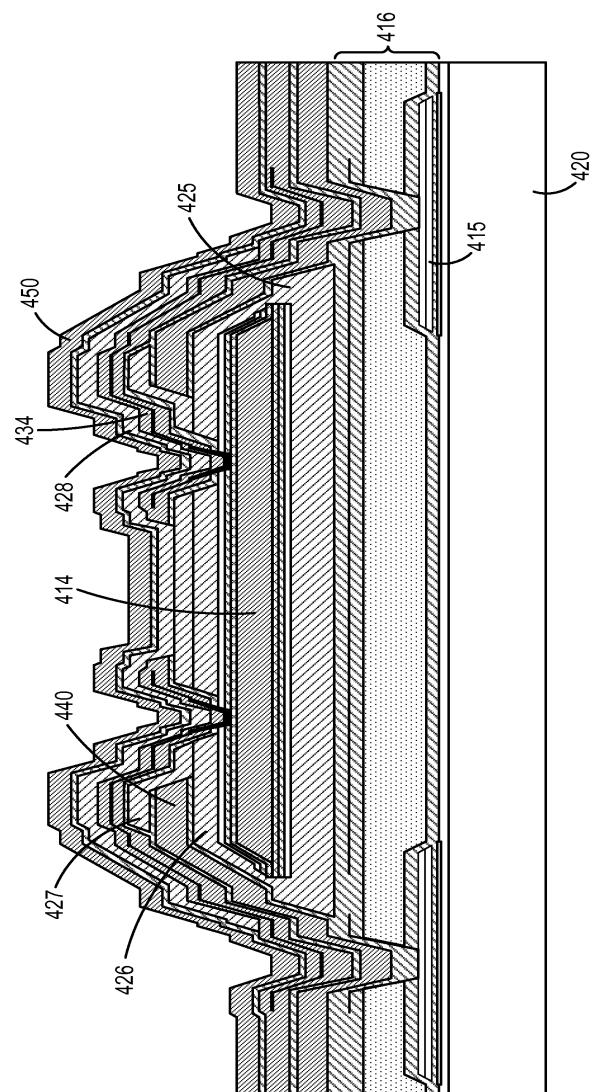
도면19f



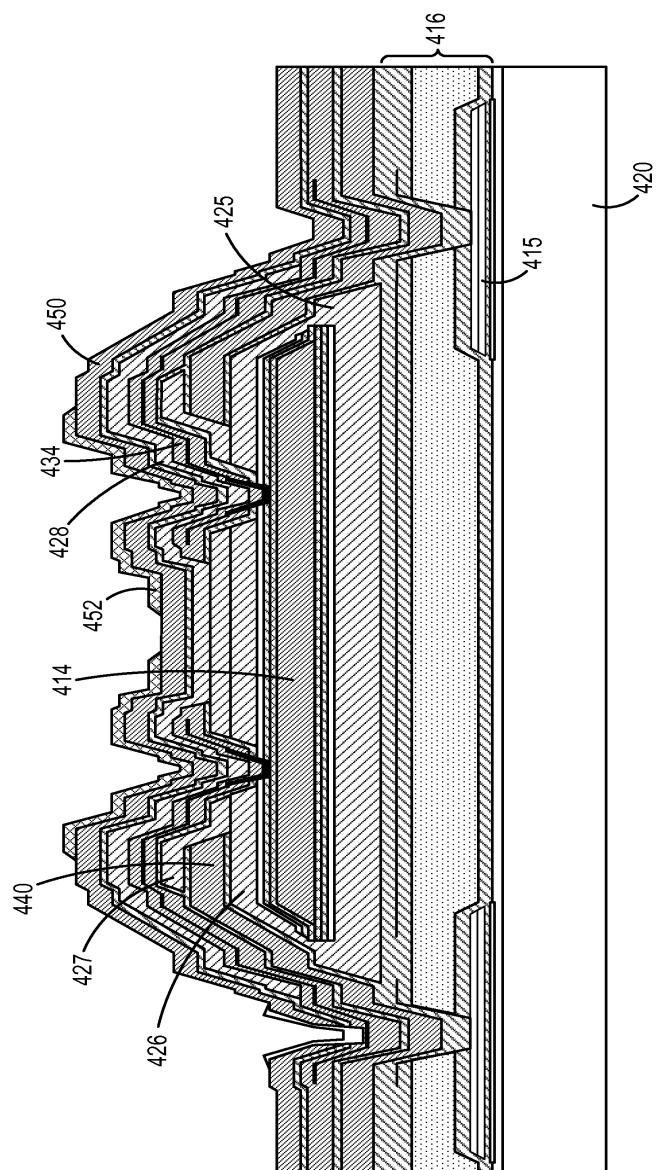
도면19g



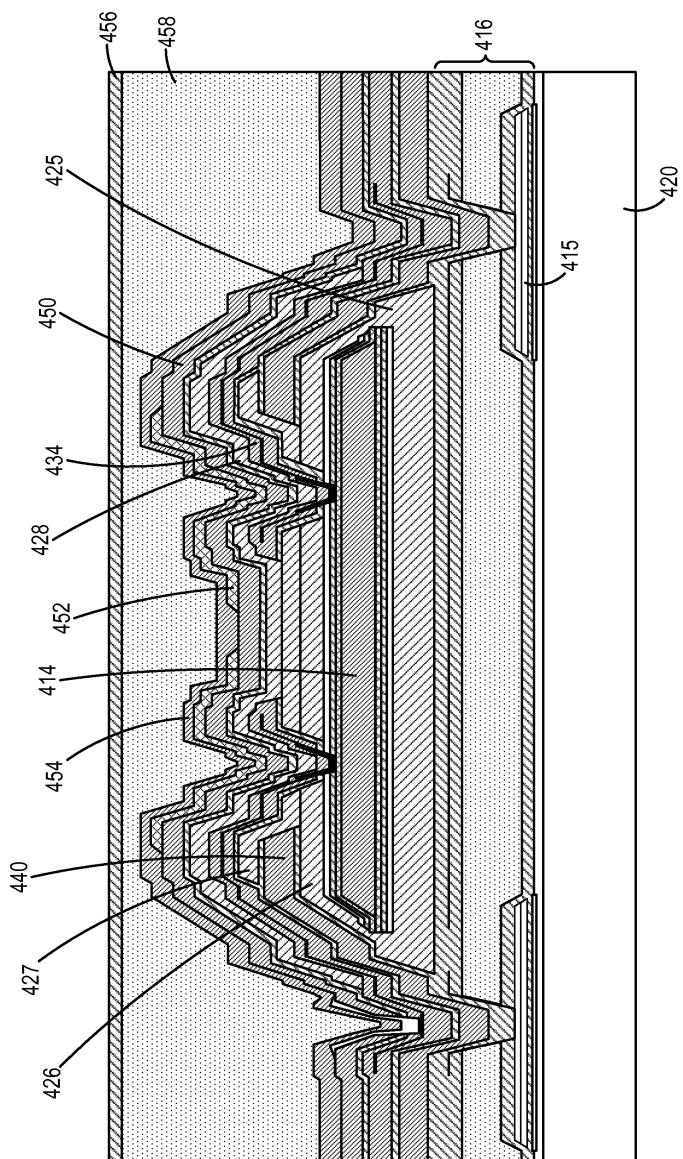
도면19h



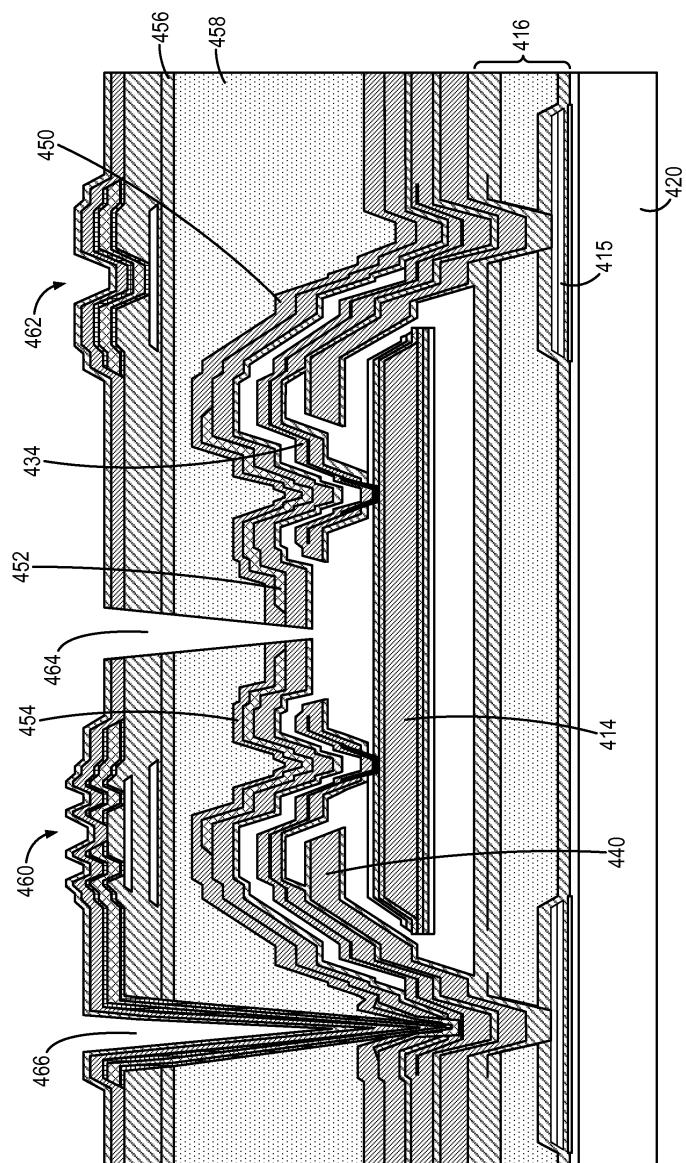
도면19*i*



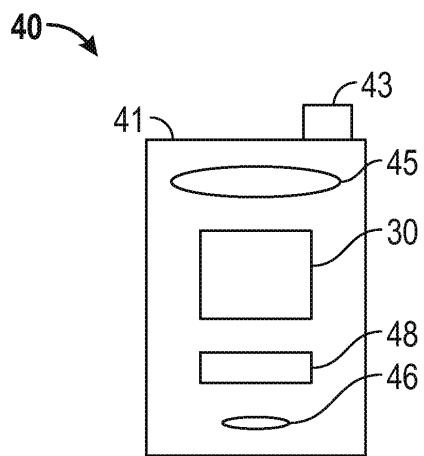
도면19j



도면19k



도면20a



도면20b

