



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년06월26일

(11) 등록번호 10-1750778

(24) 등록일자 2017년06월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G09G 3/34 (2006.01) G09G 5/10 (2006.01)

H04N 7/18 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G09G 3/3466 (2013.01)

G09G 5/10 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-7015068

(22) 출원일자(국제) 2013년11월04일

심사청구일자 2016년06월10일

(85) 번역문제출일자 2015년06월05일

(65) 공개번호 10-2015-0084906

(43) 공개일자 2015년07월22일

(86) 국제출원번호 PCT/US2013/068271

(87) 국제공개번호 WO 2014/078110

국제공개일자 2014년05월22일

(30) 우선권주장

13/675,739 2012년11월13일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

W02011112962 A1

(뒷면에 계속)

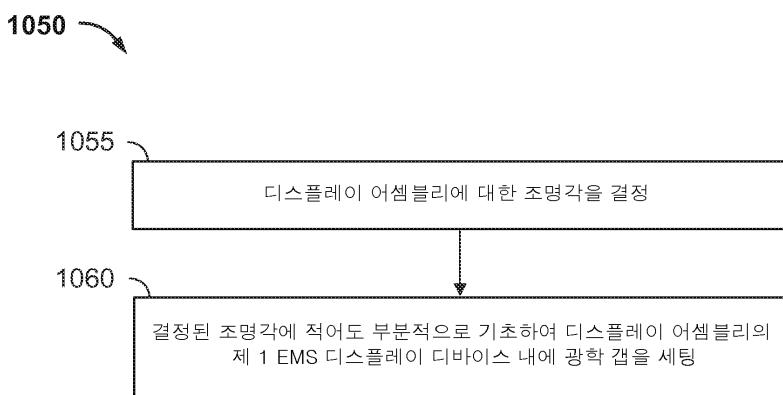
전체 청구항 수 : 총 18 항

심사관 : 신영교

(54) 발명의 명칭 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들의 청색 시프트에 대한 실시간 보상

**(57) 요약**

본 개시물은, 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들에 관련된 시스템들, 방법들, 및 장치를 제공한다. 일 양상에서, 장치는, 디스플레이 어셈블리, 센서, 및 프로세서를 포함한다. 디스플레이 어셈블리는 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들의 어레이를 포함할 수 있다. 센서는, 디스플레이 어셈블리에 수직하는 라인에 대하여, 조명각(illumination angle), 시야각(viewing angle), 또는 둘 다를 나타내는 신호를 제공하도록 구성될 수 있다. 프로세서는, 조명각 및/또는 시야각을 결정하기 위해, 그리고 결정된 조명각 및/또는 결정된 시야각을 보상하도록 이미지 데이터를 프로세싱하기 위해, 센서로부터 신호를 수신하도록 구성될 수 있다. 일 구현에서, 이미지 데이터는, 비수직(non-normal) 조명각 및/또는 시야각의 결과로서 초래될 수 있었던, 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들 중 적어도 하나로부터 반사된 광의 과장에 있어서의 시프트를 보상하도록 프로세싱된다.

**대 표 도**

(52) CPC특허분류

*HO4N 7/18* (2013.01)  
*G09G 2320/0242* (2013.01)  
*G09G 2320/028* (2013.01)  
*G09G 2320/0666* (2013.01)  
*G09G 2360/141* (2013.01)  
*G09G 2360/144* (2013.01)

(72) 발명자

**이, 종우**

미국 92121 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우스 드  
라이브 5775

**창, 탈리스 영**

미국 92121 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우스 드  
라이브 5775

---

(56) 선행기술조사문헌

EP2413310 A  
WO2007072322 A1  
US20110157058 A1  
US20100182336 A1

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

이미지를 디스플레이하기 위한 장치로서,

전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들의 어레이를 포함하는 디스플레이 어셈블리(assembly)؛

제 1 신호를 제공하도록 구성된 센서 – 상기 센서는, 상기 디스플레이 어셈블리의 평면에 대하여 제 1 각도를 갖는 센서 평면 내에 배향됨(oriented) –; 및

프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는:

상기 디스플레이 어셈블리 및 상기 센서와 통신하고 – 상기 프로세서는 상기 제 1 신호를 수신하도록 구성됨 –;

상기 제 1 신호에 의해 표시된 상기 디스플레이 어셈블리에 수직하는 라인에 대한 조명각을 결정하고;  
그리고

결정된 조명각에 대해 상기 이미지를 보상하기 위해 이미지 데이터를 프로세싱하도록  
구성되는,

이미지를 디스플레이하기 위한 장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들 중 제 1 디바이스로부터 반사된 광의 광장에 있어서의 변화에 대해 상기 이미지를 보상하기 위해 상기 이미지 데이터를 프로세싱하도록 더 구성되고,

상기 광장에 있어서의 변화는, 상기 결정된 조명각으로부터 초래되는,

이미지를 디스플레이하기 위한 장치.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 센서는:

복수의 광센서들; 및

렌즈를 포함하는,

이미지를 디스플레이하기 위한 장치.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 복수의 광센서들은 광센서들의 어레이로서 배열되고,

상기 광센서들의 어레이는, 전하-결합 디바이스 어레이 및 상호보완적 금속-산화물 반도체 어레이 중 적어도 하나를 포함하는,

이미지를 디스플레이하기 위한 장치.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 디스플레이 어셈블리 위에 놓이는 약 70% 내지 90%의 헤이즈(haze)를 생성하도록 구성된 확산기를 더 포함하는,

이미지를 디스플레이하기 위한 장치.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

제 2 신호를 제공하도록 구성된 카메라 디바이스를 더 포함하고,

상기 카메라 디바이스는, 상기 디스플레이 어셈블리의 평면에 대하여 제 2 각도를 갖는 카메라 평면 내에 배향되고,

상기 프로세서는:

상기 제 2 신호를 수신하고;

상기 제 2 신호에 의해 표시된 상기 디스플레이 어셈블리에 수직하는 라인에 대하여 시야각을 결정하고; 그리고

결정된 시야각에 대하여 상기 이미지를 보상하기 위해 상기 이미지 데이터를 프로세싱하도록 더 구성되는,

이미지를 디스플레이하기 위한 장치.

#### 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들 중 제 1 디바이스로부터 반사된 광의 괴장에 있어서의 변화에 대해 상기 이미지를 보상하기 위해 상기 이미지 데이터를 프로세싱하도록 더 구성되고,

상기 괴장에 있어서의 변화는, 상기 결정된 시야각으로부터 초래되는,

이미지를 디스플레이하기 위한 장치.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 프로세서와 통신하도록 구성된 메모리 디바이스;

적어도 하나의 제 2 신호를 상기 디스플레이 어셈블리에 전송하도록 구성된 드라이버 회로; 및

상기 이미지 데이터의 적어도 일부를 상기 드라이버 회로에 전송하도록 구성된 제어기를 더 포함하는,

이미지를 디스플레이하기 위한 장치.

#### 청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 이미지 데이터를 상기 프로세서에 전송하도록 구성된 이미지 소스 모듈을 더 포함하는,

이미지를 디스플레이하기 위한 장치.

#### 청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 이미지 소스 모듈은, 수신기, 트랜시버, 및 송신기 중 적어도 하나를 포함하는,

이미지를 디스플레이하기 위한 장치.

## 청구항 11

제 1 항에 있어서,

입력 데이터를 수신하고 그리고 상기 입력 데이터를 상기 프로세서에 통신하도록 구성된 입력 디바이스를 더 포함하는,

이미지를 디스플레이하기 위한 장치.

## 청구항 12

전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들의 청색 시프트를 보상하기 위한 방법으로서,

(a) 디스플레이 어셈블리에 수직하는 라인에 대하여 조명각 또는 시야각 중 적어도 하나를 결정하는 단계 – 상기 디스플레이 어셈블리는 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들의 어레이를 포함함 –; 및

(b) 결정된 조명각 또는 시야각 중 적어도 하나가 0이 아닌 경우, 상기 결정된 조명각 및/또는 시야각에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 디스플레이 어셈블리의 상기 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들 중 적어도 하나의 디바이스 내에 광학 갭(optical gap)을 설정하는 단계를 포함하고,

상기 광학 갭은, 상기 결정된 조명각 또는 시야각 중 적어도 하나를 보상하도록 설정되는,

전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들의 청색 시프트를 보상하기 위한 방법.

## 청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 설정하는 단계는, 상기 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들 중 제 1 디바이스로부터 반사된 광의 파장에서의 변화를 보상하기 위해 상기 광학 갭을 설정하는 단계를 수반하고,

상기 변화는, 상기 조명각 또는 상기 시야각 중 적어도 하나에 의해 야기되는,

전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들의 청색 시프트를 보상하기 위한 방법.

## 청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 조명각 또는 시야각에 있어서의 하나 또는 그 초과의 고주파수 변화들을 제거하기 위해 상기 결정된 조명각 또는 시야각 중 적어도 하나를 나타내는 신호를 필터링하는 단계를 더 포함하고,

상기 조명각 또는 상기 시야각은, 상기 신호를 이용하여 결정되는,

전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들의 청색 시프트를 보상하기 위한 방법.

## 청구항 15

제 12 항에 있어서,

카메라 디바이스 및 센서 중 적어도 하나로부터 상기 조명각 또는 시야각 중 적어도 하나를 나타내는 신호를 수신하는 단계를 더 포함하고,

상기 카메라 디바이스 및 상기 센서 중 적어도 하나는, 상기 디스플레이 어셈블리의 평면에 대하여 제 2 각도를 갖는 평면 내에 배향되고,

상기 조명각 또는 시야각 중 적어도 하나는 상기 신호를 이용하여 결정되는,

전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들의 청색 시프트를 보상하기 위한 방법.

## 청구항 16

제 12 항에 있어서,

상기 디스플레이 어셈블리에 수직하는 라인에 대하여 조명각 및 시야각 둘 다를 결정하는 단계를 더 포함하고,

상기 단계(b)는, 상기 결정된 조명각 및 상기 결정된 시야각 둘 다에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들 중 제 1 디바이스 내에 상기 광학 캡을 설정하는 단계를 더 포함하는, 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들의 청색 시프트를 보상하기 위한 방법.

#### 청구항 17

디스플레이 어셈블리를 포함하는 장치의 제어를 위한 프로그램 명령들을 포함하는 컴퓨터 머신-판독가능 매체로서,

상기 프로그램 명령들은:

(a) 디스플레이 어셈블리에 수직하는 라인에 대하여 조명각 또는 시야각 중 적어도 하나를 결정하는 것 – 상기 디스플레이 어셈블리는 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들의 어레이를 포함함 –; 및

(b) 결정된 조명각 또는 시야각 중 적어도 하나가 0이 아닌 경우, 상기 결정된 조명각 및/또는 시야각에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 디스플레이 어셈블리의 상기 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들 중 적어도 하나의 디바이스 내에 광학 캡을 설정하는 것 – 상기 광학 캡은, 상기 결정된 조명각 또는 시야각 중 적어도 하나를 보상하도록 설정됨 –

을 포함하는 동작들을 위한 코드를 포함하는,

디스플레이 어셈블리를 포함하는 장치의 제어를 위한 프로그램 명령들을 포함하는 컴퓨터 머신-판독가능 매체.

#### 청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 설정하는 것은, 상기 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들 중 제 1 디바이스로부터 반사된 광의 광장에 있어서의 변화를 보상하기 위해 상기 광학 캡을 설정하는 것을 수반하고,

상기 변화는, 상기 조명각 또는 시야각 중 적어도 하나에 의해 야기되는,

디스플레이 어셈블리를 포함하는 장치의 제어를 위한 프로그램 명령들을 포함하는 컴퓨터 머신-판독가능 매체.

#### 청구항 19

삭제

#### 청구항 20

삭제

#### 청구항 21

삭제

#### 청구항 22

삭제

#### 청구항 23

삭제

#### 청구항 24

삭제

#### 청구항 25

삭제

#### 청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

#### [0001] 우선권 주장

[0001] 본 출원은, 2012년 11월 13일자로 출원되고, 발명의 명칭이 "REAL-TIME COMPENSATION FOR BLUE SHIFT OF ELECTROMECHANICAL SYSTEMS DISPLAY DEVICES"(어토니 도켓 QUALP 146/121087)인 미국 특허 출원 제 13/675,739호에 대한 우선권을 주장하며, 이로써 상기 출원은 인용에 의해 본원에 포함된다.

#### [0003] 기술 분야

[0004] 본 개시물은, 일반적으로 전기기계 시스템들(EMS; electromechanical systems) 디스플레이 디바이스들에 관한 것이고, 더욱 구체적으로 EMS 디스플레이 디바이스들의 청색 시프트(blue shift)에 대한 보상에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0005] 전기기계 시스템들(EMS)은 전기 및 기계 엘리먼트들, 액추에이터들, 트랜스듀서들, 센서들, 광학 컴포넌트들(이를테면, 미러들 및 광학 필름 층들), 및 전자 기기들을 가지는 디바이스들을 포함한다. 전기기계 시스템들은 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.

[0006] 전기기계 시스템 디바이스 중 한 타입이 간섭계 변조기(IMOD: interferometric modulator)로 칭해진다. 본원에 이용된 바와 같이, 간섭계 변조기 또는 간섭계 광 변조기라는 용어는 광학적 간섭의 원리를 사용하여 광을 선택적으로 흡수 및/또는 반사하는 디바이스를 지칭한다. 일부 구현들에서, 간섭계 변조기는 한 쌍의 도전성 플레이트들을 포함할 수 있는데, 이를 중 하나 또는 둘 다는, 완전히 또는 부분적으로, 투과성이며 그리고/또는 반사성이 수 있으며, 적절한 전기 신호의 인가 시에 상대적 운동(relative motion)이 가능할 수 있다. 일 구현에서, 하나의 플레이트는 기판 상에 증착된 고정(stationary) 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 간섭계 변조기 상에 입사하는 광의 광학적 간섭을 변경시킬 수 있다. 간섭계 변조기 디바이스들은 광범위한 애플리케이션들을 가지며, 기존의 제품들을 개선하고, 새로운 제품들, 특히, 디스플레이 능력들을 가지는 제품들을 제조하는데 이용될 것으로 예상된다.

[0007] 다양한 디스플레이 디바이스들 상에 디스플레이되는 이미지들은, 조명 컨디션들 및 시야(viewing) 컨디션들에 민감할 수 있다. 다수의 사용 컨디션들 전체에 걸쳐 이미지의 컬러들을 일관되게 디스플레이할 수 있는 디스플레이 디바이스들에 대한 필요성이 존재한다.

## 발명의 내용

[0008] 본 개시물의 시스템들, 방법들 및 디바이스들은 각각 몇몇 혁신적인 양상들을 가지며, 이들 중 어떠한 단일의 것도 본 명세서에 개시된 바람직한 속성들에 대해서 오로지 책임이 있는 것은 아니다.

- [0009] [0007] 본 개시물에 설명된 요지의 하나의 혁신적인 양상은, 이미지를 디스플레이하기 위한 장치에서 구현될 수 있다. 이 장치는, 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들의 어레이, 센서 및 프로세서를 포함하는 디스플레이 어셈블리를 포함할 수 있다. 센서는, 디스플레이 어셈블리의 평면에 대하여 제 1 각도를 갖는 센서 평면 내에 배향된다(oriented). 센서는 제 1 신호를 제공하도록 구성될 수 있다. 프로세서는 디스플레이 어셈블리 및 센서와 통신하도록 구성될 수 있다. 프로세서는, 제 1 신호를 수신하고, 제 1 신호에 의해 표시된 조명각을 결정하고, 그리고 결정된 조명각에 대한 이미지를 보상하기 위해 이미지 데이터를 프로세싱하도록 구성될 수 있다. 조명각은, 예를 들어, 디스플레이 어셈블리에 대하여 또는 디스플레이 어셈블리에 수직하는 라인에 대하여 결정될 수 있다. 장치는, 디스플레이 어셈블리 위에 놓이는 약 70% 내지 90%의 헤이즈(haze)를 생성하도록 구성된 확산기를 포함할 수 있다.
- [0010] [0008] 프로세서는, 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들 중 첫 번째 디바이스로부터 반사된 광의 파장에 있어서의 변화에 대해 이미지를 보상하기 위해 이미지 데이터를 프로세싱하도록 더 구성될 수 있다. 파장에 있어서의 변화는, 결정된 조명각으로부터 초래할 수 있다.
- [0011] [0009] 센서는 복수의 광센서들 및 렌즈를 포함할 수 있다. 복수의 광센서들은, 전하-결합(charge-coupled) 디바이스 어레이 및/또는 상호보완적 금속-산화물-반도체 어레이를 포함하는 광센서들의 어레이로서 배열될 수 있다.
- [0012] [0010] 장치는, 카메라 디바이스를 포함할 수 있다. 카메라 디바이스는, 디스플레이 어셈블리의 평면에 대하여 제 2 각도를 갖는 카메라 평면 내에 배향될 수 있다. 카메라 디바이스는 제 2 신호를 제공하도록 구성될 수 있다. 프로세서는, 제 2 신호를 수신하고, 제 2 신호에 의해 표시된 디스플레이 어셈블리에 수직하는 라인에 대하여 시야각을 결정하고, 결정된 시야각에 대해 이미지를 보상하기 위해 이미지 데이터를 프로세싱하도록 구성될 수 있다. 프로세서는, 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들 중 첫 번째 디바이스로부터 반사된 광의 파장에 있어서의 변화에 대해 이미지를 보상하기 위해 이미지 데이터를 프로세싱하도록 더 구성될 수 있다. 파장에 있어서의 변화는, 결정된 시야각으로부터 초래할 수 있다.
- [0013] [0011] 장치는, 메모리 디바이스, 드라이버 회로 및 제어기를 포함할 수 있다. 메모리 디바이스는 프로세서와 통신하도록 구성될 수 있다. 드라이버 회로는, 적어도 하나의 제 2 신호를 디스플레이 어셈블리에 전송하도록 구성될 수 있다. 제어기는 이미지 데이터의 적어도 일부를 드라이버 회로에 전송하도록 구성될 수 있다. 장치는, 이미지 데이터를 프로세서에 전송하도록 구성된 이미지 소스 모듈을 포함할 수 있다. 이미지 소스 모듈은, 수신기, 트랜시버 및/또는 송신기를 포함할 수 있다. 장치는 또한, 입력 데이터를 수신하고 그 입력 데이터를 프로세서에 통신하도록 구성된 입력 디바이스를 포함할 수 있다.
- [0014] [0012] 본 개시물에 설명된 요지의 다른 혁신적인 양상은, 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들의 어레이를 포함하는 디스플레이 어셈블리, 적어도 하나의 센서를 포함하는 센서 시스템, 카메라 디바이스 및 프로세서를 포함하는 장치에서 구현될 수 있다. 프로세서는, 센서 시스템으로부터 센서 데이터를 수신하고, 카메라로부터 이미지 데이터를 수신하고, 그리고 이미지 데이터 및 센서 데이터에 기초하여 디스플레이 어셈블리의 평면에 대한 시야각을 결정하도록 구성될 수 있다.
- [0015] [0013] 프로세서는, 시야각을 보상하기 위해 디스플레이 어셈블리를 제어하도록 구성될 수 있다. 프로세서는, 시야각으로부터 초래되는 파장에 있어서의 변화들을 보상하기 위해 디스플레이 어셈블리를 제어하도록 구성될 수 있다.
- [0016] [0014] 센서는, 디스플레이 어셈블리의 평면에 대하여 제 1 각도를 갖는 센서 평면 내에 배향될 수 있다. 프로세서는, 센서 데이터에 적어도 부분적으로 기초하여, 디스플레이 어셈블리에 대하여 조명각을 결정하도록 구성될 수 있다. 프로세서는, 조명각을 보상하기 위해 디스플레이 어셈블리를 제어하도록 구성될 수 있다.
- [0017] [0015] 본 개시물에 설명된 요지의 다른 혁신적인 양상은, 조명각 및/또는 시야각을 결정하는 단계를 수반하는 방법으로 구현될 수 있다. 각도는, 예를 들어, 디스플레이 어셈블리 또는 디스플레이 어셈블리에 대해 수직한 라인에 대하여 결정될 수 있다. 디스플레이 어셈블리는, 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들의 어레이를 포함할 수 있다. 결정된 조명각 또는 결정된 시야각 중 적어도 하나가 0이 아니면, 이 방법은, 결정된 조명각 및/또는 결정된 시야각에 적어도 부분적으로 기초하여, 디스플레이 어셈블리의 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들 중 적어도 하나에 광학 갭(optical gap)을 설정하는 단계를 수반할 수 있다. 광학 갭은, 결정된 조명각 및/또는 결정된 시야각을 보상하도록 설정될 수 있다.
- [0018] [0016] 설정 프로세스는, 제 1 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스로부터 반사된 광의 파장에 있어서의 변화

를 보상하기 위해 광학 갭을 설정하는 단계를 수반할 수 있다. 이 변화는, 조명각 및/또는 시야각에 의해 야기될 수 있다.

[0019] [0017] 이 방법은, 조명각 및/또는 시야각에 있어서의 하나 또는 그 초과의 고주파수 변화들을 제거하기 위해 결정된 조명각 및/또는 결정된 시야각을 나타내는 신호를 필터링하는 단계를 수반할 수 있다. 조명각 및/또는 시야각은, 신호에 따라, 적어도 부분적으로, 결정될 수 있다.

[0020] [0018] 이 방법은, 카메라 디바이스 및/또는 센서로부터 조명각 및/또는 시야각을 나타내는 신호를 수신하는 단계를 수반할 수 있다. 카메라 디바이스 및/또는 센서는, 디스플레이 어셈블리의 평면에 대하여 제 2 각도를 갖는 평면 내에 배향될 수 있다. 조명각 및/또는 시야각은, 신호를 이용하여, 결정될 수 있다.

[0021] [0019] 이 방법은, 예를 들어, 디스플레이 어셈블리에 수직하는 라인에 대하여, 조명각 및 시야각 둘 다 결정하는 단계를 수반할 수 있다. 제 1 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스에서 광학 갭을 설정하는 프로세스는, 결정된 조명각 및 결정된 시야각 둘 다에 적어도 부분적으로 기초할 수 있다.

[0022] [0020] 본 개시물에 설명된 요지의 다른 혁신적인 양상은, 디스플레이 어셈블리를 포함하는 장치의 제어를 위한 프로그램 명령들을 포함하는 비-일시적 컴퓨터 머신-판독가능 매체에서 구현될 수 있다. 프로그램 명령들은, 조명각 및/또는 시야각을 결정하는 것을 포함하는 동작들을 위한 코드를 포함할 수 있다. 조명각 및/또는 시야각은, 예를 들어, 디스플레이 어셈블리 또는 디스플레이 어셈블리에 수직한 라인에 대하여 결정될 수 있다. 디스플레이 어셈블리는, 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들의 어레이를 포함할 수 있다. 결정된 조명각 또는 결정된 시야각 중 적어도 하나가 0이 아니면, 동작들은, 결정된 조명각 및/또는 결정된 시야각에 적어도 부분적으로 기초하여 디스플레이 어셈블리의 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들 중 적어도 하나 내에 광학 갭을 설정하는 것을 수반할 수 있다. 광학 갭은, 결정된 조명각 및/또는 결정된 시야각을 보상하도록 설정될 수 있다.

[0023] [0021] 설정 프로세스는, 제 1 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스로부터 반사된 광의 파장에 있어서의 변화를 보상하기 위해 광학 갭을 설정하는 것을 수반할 수 있다. 이 변화는, 조명각 및/또는 시야각에 의해 야기될 수 있다.

[0024] [0022] 본 개시물에 설명된 요지의 다른 혁신적인 양상은, 센서 시스템으로부터 센서 데이터를 수신하는 단계, 카메라로부터 이미지 데이터를 수신하는 단계, 및 이미지 데이터 및/또는 센서 데이터에 적어도 부분적으로 기초하여 시야각을 결정하는 단계를 수반하는 방법으로 구현될 수 있다. 시야각은, 예를 들어, 디스플레이 어셈블리의 평면에 대하여 또는 디스플레이 어셈블리에 수직하는 라인에 대하여 결정될 수 있다. 방법은, 시야각을 보상하기 위해 디스플레이 어셈블리를 제어하는 단계를 수반할 수 있다. 디스플레이 어셈블리는 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들의 어레이를 포함할 수 있다.

[0025] [0023] 제어 프로세스는, 시야각으로부터 초래되는 파장에 있어서의 변화들을 보상하기 위해 디스플레이 어셈블리를 제어하는 것을 수반할 수 있다. 이 방법은, 센서 데이터에 적어도 부분적으로 기초하여 디스플레이 어셈블리에 대하여 조명각을 결정하는 단계, 및 조명각을 보상하기 위해 디스플레이 어셈블리를 제어하는 단계를 수반할 수 있다.

[0026] [0024] 본 개시물에 설명된 요지의 다른 혁신적인 양상은, 프로그램 명령이 저장된 비-일시적 매체에서 구현될 수 있다. 프로그램 명령들은, 센서 시스템으로부터 센서 데이터를 수신하는 동작, 카메라로부터 이미지 데이터를 수신하는 동작, 및 이미지 데이터 및/또는 센서 데이터에 적어도 부분적으로 기초하여 시야각을 결정하는 동작을 포함하는 동작들을 위한 명령들을 포함할 수 있다. 시야각은, 예를 들어, 디스플레이 어셈블리의 평면에 대하여 또는 디스플레이 어셈블리에 수직하는 라인에 대하여 결정될 수 있다. 이 방법은, 시야각을 보상하기 위해 디스플레이 어셈블리를 제어하는 단계를 수반할 수 있다. 디스플레이 어셈블리는, 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들의 어레이를 포함할 수 있다.

[0027] [0025] 제어 프로세스는, 시야각으로부터 초래되는 파장에 있어서의 변화들을 보상하기 위해 디스플레이 어셈블리를 제어하는 것을 수반할 수 있다. 이 방법은, 센서 데이터에 적어도 부분적으로 기초하여 디스플레이 어셈블리에 대한 조명각을 결정하는 단계, 및 조명각을 보상하기 위해 디스플레이 어셈블리를 제어하는 단계를 수반할 수 있다.

[0028] [0026] 본 명세서에 설명된 요지의 하나 또는 그 초과의 구현들의 세부사항들은 첨부된 도면들 및 이하의 상세한 설명에서 설명된다. 다른 특징들, 양상들, 및 장점들은, 상세한 설명, 도면들, 및 청구항들로부터 명백하게

될 것이다. 후속하는 도면들의 상대적 치수들이 실척대로 도시되지 않을 수 있다는 점에 유의한다.

### 도면의 간단한 설명

[0029]

[0027] 도 1은, 간접계 변조기(IMOD) 디스플레이 디바이스의 픽셀들의 시리즈에서 내에 2개의 인접한 픽셀들을 도시하는 등각도의 일례를 나타낸다.

[0028] 도 2는,  $3 \times 3$  간접계 변조기 디스플레이를 포함하는 전자 디바이스를 예시하는 시스템 블록도의 일례를 나타낸다.

[0029] 도 3은, 도 1의 간접계 변조기에 대해 이동가능 반사성 층 위치 대 인가된 전압을 예시하는 도면의 일례를 나타낸다.

[0030] 도 4는, 다양한 공통 및 세그먼트 전압들이 인가될 때, 간접계 변조기의 다양한 상태들을 예시하는 표의 일례를 나타낸다.

[0031] 도 5a는, 도 2의  $3 \times 3$  간접계 변조기 디스플레이 내의 디스플레이 데이터의 프레임을 예시하는 도면의 일례를 나타낸다.

[0032] 도 5b는, 도 5a에 예시된 디스플레이 데이터의 프레임을 기록하기 위해 이용될 수 있는 공통 및 세그먼트 신호들에 대한 타이밍 도면의 일례를 나타낸다.

[0033] 도 6a는, 도 1의 간접계 변조기 디스플레이의 부분적인 단면의 일례를 나타낸다.

[0034] 도 6b 내지 도 6e는, 간접계 변조기들의 변화하는 구현들의 단면들의 예시들을 나타낸다.

[0035] 도 7은, 간접계 변조기에 대한 제조 프로세스를 예시하는 흐름도의 일례를 나타낸다.

[0036] 도 8a 내지 도 8e는, 간접계 변조기를 형성하는 방법에서 다양한 스테이지들의 개략적 단면들의 예시들을 나타낸다.

[0037] 도 9a 내지 도 9e는, 아날로그 IMOD(AIMOD)가 상이한 컬러들을 생성하기 위해 어떻게 구성될 수 있는 지의 예시들을 나타낸다.

[0038] 도 10a는, 디스플레이 어셈블리의 조명각을 예시하는 도면의 일례를 나타낸다.

[0039] 도 10b는, 직접 조명 하에서 EMS 디스플레이 디바이스의 청색 시프트를 보상하기 위한 프로세스를 예시하는 흐름도의 일례를 나타낸다.

[0040] 도 11은, 디스플레이 어셈블리의 시야각을 예시하는 도면의 일례를 나타낸다.

[0041] 도 12는, 확산 조명 하에서 EMS 디스플레이 디바이스의 청색 시프트를 보상하기 위한 프로세스를 예시하는 흐름도의 일례를 나타낸다.

[0042] 도 13은, 조명각을 측정하도록 구성된 센서 및 디스플레이 어셈블리를 포함하는 장치의 블록도의 일례를 나타낸다.

[0043] 도 14a 및 도 14b는, 조명각을 측정하도록 구성된 센서의 개략적인 예들의 예시들을 나타낸다.

[0044] 도 15a 및 도 15b는, 복수의 간접계 변조기들을 포함하는 디스플레이 디바이스를 예시하는 시스템 블록들의 예시들을 나타낸다.

[0045] 다양한 도면들에서 동일한 참조 부호들 및 표기들은 동일한 엘리먼트들을 표시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030]

[0046] 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(예를 들어, 비디오) 또는 정지 화상(예를 들어, 스틸 이미지)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<sup>®</sup> 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 수신기들/네비게이터들, 카메라들, MP3 플레이어들, 캠코더들, 게임 콘솔들, 손목 시계들, 시계들, 계산기들, 텔레비전 모니터들, 플랫 패널 디스플레이들, 전자 판독 디바이스들(즉, e-리더들), 컴퓨터 모니터들, 오토 디스플레이들(주행기록계 및 속도계 디스플레이들 등을 포함함), 조종석 컨트롤러들 및/또는 디스플레이들, 카메라 뷰 디스플레이들(예컨대, 차량의 후방 뷰 카메라의 디스플레이), 전자 사진들, 전자 게시판들 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 정수기들(parking meters), (이를테면, 전자기계 시스템(EMS)에서, 마이크로전자기계 시스템(MEMS), 비-MEMS 애플리케이션들) 패키징, 심미적 구조들(예를 들어, 한점의 보석의 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, 버랙터들, 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.

[0031] [0047] 광원으로부터 IMOD 디바이스 또는 EMS 디스플레이 디바이스의 뷰어로의 광의 광학적 경로는, 광의 조명각 및 뷰어의 시야각에 따라 변할 수 있다. 일부 경우들에서, 광학적 경로들에 있어서의 변동은, IMOD 디바이스 또는 EMS 디스플레이 디바이스로부터 반사되도록 의도된 컬러에 있어서의 컬러 시프트를 생성할 수 있다. 예를 들어, IMOD 디바이스 또는 EMS 디스플레이 디바이스의 뷰어에 의해 인지되는 컬러는, 청색 시프트될 수 있거나, 또는 반사되도록 의도된 컬러로부터의 더 짧은 파장을 갖는 컬러일 수 있다.

[0032] [0048] 이에 따라, 본원에 설명된 일부 구현들은, 아날로그 IMOD 디바이스들을 포함하는 아날로그 EMS 디스플레이 디바이스들의 청색 시프트에 대한 보상에 관한 것이다. 예를 들어, 일부 구현들에서, 장치는, 디스플레이 어셈블리, 센서, 및 프로세서를 포함할 수 있다. 디스플레이 어셈블리는, 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들의 어레이를 포함할 수 있다. 센서는, 신호를 제공하도록 구성될 수 있고, 디스플레이 어셈블리의 평면에 실질적으로 평행한 평면에서, 또는 디스플레이 디바이스 어셈블리에 대해 알려진 각도를 갖는 평면 내에 배향될 수 있다. 프로세서는, 디스플레이 어셈블리 및 센서와 통신하도록 구성될 수 있다. 프로세서는 또한, 센서로부터 신호를 수신하고, 그 신호에 의해 표시된 디스플레이 어셈블리에 수직하는 라인에 대한 조명각을 결정하고, 그리고 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들 중 첫 번째 디바이스로부터 반사된 광의 파장에 있어서의 결과적으로 초래되는 변화 및 결정된 조명각을 보상하기 위해 이미지 데이터를 프로세싱하도록 구성될 수 있다. 이러한 장치는, 청색 시프트에 대한 보상을 제공하기 위해 디스플레이 어셈블리의 아날로그 EMS 디스플레이 디바이스들의 실시간 조절을 가능하게 할 수 있다.

[0033] [0049] 일부 구현들에서, 장치는 카메라 디바이스 및 센서 시스템을 포함할 수 있다. 프로세서는, 센서 시스템으로부터 센서 데이터를 수신하고, 카메라로부터 이미지 데이터를 수신하고, 그리고 이미지 데이터 및 센서 데이터에 기초하여 디스플레이 어셈블리의 평면에 대한 시야각을 결정하도록 구성될 수 있다. 프로세서는, 시야각을 보상하기 위해 디스플레이 어셈블리를 제어하도록 구성될 수 있다. 제어 프로세스는, 결정된 시야각을 보상하기 위해 디스플레이 어셈블리의 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스들 중 적어도 하나 내에 광학 캡을 설정하는 것을 수반할 수 있다. 일부 구현들에서, 프로세서는, 시야각 그리고 조명각을 보상하기 위해 디스플레이 어셈블리를 제어하도록 구성될 수 있다.

[0034] [0050] 본 개시물에 설명된 요지의 특정 구현들은, 이하의 잠재적인 이점들 중 하나 또는 그 초과를 실현하도록 구현될 수 있다. 본원에 개시된 장치 및 방법들은, 청색 시프트를 보상하기 위해 아날로그 EMS 디스플레이 디바이스들의 실시간 조정들을 위해 이용될 수 있다. 일부 구현들에서, 장치 및 방법들은, EMS 디스플레이 디바이스들의 청색 시프트를 감소시키기 위해 EMS 디스플레이 디바이스들에 인접하여 포지셔닝된 낮은-헤이즈(low-haze) 확산기(예를 들어, 입사광의 약 50% 내지 70%를 산란시키는 확산기)와 함께 이용될 수 있다. 확산기는, 입사광을 넓은 각분포로 확산 또는 분산(spread)시키도록 구성된 필름 또는 디바이스이다. 본원에 이용된 바와 같은, 확산기의 헤이즈는, 입사광의 방향으로부터 약 ±2.5도보다 더 많이 산란된 확산기에 의해 송신된 광의 비율로 정의된다. 높은-헤이즈 확산기(예를 들어, 약 90%보다 큼)는 청색 시프트를 감소시키기 위해 EMS 디스플레이 디바이스와 함께 이용될 수 있지만, 높은-헤이즈 확산기들은 EMS 디스플레이 디바이스의 컬러

영역(color gamut) 및 컬러 포화도를 감소시킬 수 있다. 게다가, 높은-헤이즈 확산기는 또한, 확산기가 디스플레이 어셈블리로부터 면 거리에 위치될 때 디스플레이 어셈블리의 개별적인 EMS 디스플레이 디바이스들(예를 들어, 픽셀들) 사이의 크로스-토크를 야기할 수 있고, 이에 의해 EMS 디스플레이 디바이스들의 어레이로 이루어진 디스플레이 디바이스의 광학 품질을 저하시킨다. 본원에 개시된 장치 및 방법들의 이용은 낮은-헤이즈 확산기들의 이용을 허용할 수 있다.

[0035] [0051] 설명된 구현들이 적용될 수 있는 적합한 EMS 또는 MEMS 디바이스의 예로 반사성 디스플레이 디바이스가 있다. 반사성 디스플레이 디바이스는, 광 간섭의 원리들을 사용하여 입사된 광을 선택적으로 흡수하고 그리고/ 또는 반사하기 위해 간섭계 변조기들(IMOD들)을 포함할 수 있다. IMOD들은 흡수기, 흡수기에 대하여 이동가능 반사기, 및 흡수기와 반사기 사이에 한정된 광학 공진 캐비티를 포함할 수 있다. 반사기는 2개 또는 그 초과의 상이한 위치들로 이동될 수 있고, 이는 광학 공진 캐비티의 사이즈를 변화시켜, 간섭계 변조기의 반사율에 영향을 미칠 수 있다. IMOD들의 반사 스펙트럼들(reflectance spectrums)은 가시 광장들에 걸쳐 시프트되어 상이한 컬러들을 생성할 수 있는 상당히 광범위한 스펙트럼 대역들을 생성할 수 있다. 스펙트럼 대역의 위치는 광학 공진 캐비티의 두께를 변화시킴으로써 조정될 수 있다. 광학 공진 캐비티를 변화시키는 일 방식은 반사체의 위치를 변화시킴으로써 이루어진다.

[0036] [0052] 도 1은 쌍안정(bi-stable) 간섭계 변조기(IMOD) 디스플레이 디바이스의 픽셀들의 시리즈의 두 인접한 픽셀들을 도시하는 등각도의 일례를 나타낸다. 쌍-안정 IMOD 디바이스의 세부사항들은, 일반적인 배경을 제공하기 위해 도 1 내지 도 8e에 더욱 상세하게 설명될 것이지만, 일부 IMOD 디바이스들은 8 또는 16(백색, 흑색, 및 6 또는 14개의 다른 컬러들에 대응), 또는 그 이상과 같은 다수의 상태들에 있을 수 있다는 점이 이해된다. 이러한 IMOD는, IMOD가 유한한(non-infinite) 수의 제어가능한 상태들을 갖는다고 할지라도, "아날로그" IMOD로 종종 지칭될 수 있다. IMOD의 이러한 구현의 일부 논의는 도 9a 내지 도 9e에 제공될 것이다. 도 1로 돌아오면, IMOD 디스플레이 디바이스는 하나 또는 그 초과의 간섭계 MEMS 디스플레이 엘리먼트들을 포함한다. 이들 디바이스들에서, MEMS 디스플레이 엘리먼트들의 픽셀들은 밝은(bright) 상태 또는 어두운(dark) 상태일 수 있다. 밝은("릴렉스(relaxed)", "개방(open)" 또는 "온(on)") 상태에서, 디스플레이 엘리먼트는 입사 가시광의 상당 부분을, 예를 들어 사용자에게 반사한다. 반대로, 어두운("작동(actuated)", "폐쇄(closed)" 또는 "오프(off)") 상태에서, 디스플레이 엘리먼트는 입사 가시광을 거의 반사하지 않는다. 일부 구현들에서, on 및 off 상태들의 광 반사 특성은 반전될 수 있다. MEMS 픽셀들은 블랙 앤 화이트(black 및 white) 이외에도 컬러 디스플레이를 허용하는 특정한 광장들에서 대부분 반사시키도록 구성될 수 있다.

[0037] [0053] IMOD 디스플레이 디바이스는 IMOD들의 로우(row)/컬럼(column) 어레이를 포함할 수 있다. 각각의 IMOD는, 에어 캡(또한 광학 캡 또는 캐비티로 지칭됨)을 형성하기 위해, 서로로부터 가변적이고 제어가능한 거리에 위치된 한 쌍의 반사층들, 즉, 이동가능 반사층 및 고정된 부분적 반사층을 포함할 수 있다. 이동가능 반사층은 적어도 2개의 위치들 사이에서 이동될 수 있다. 제 1 위치, 즉 릴렉스 위치에서, 이동가능 반사층은 고정된 부분적 반사층으로부터 비교적 먼 거리(relatively large distance)에 위치될 수 있다. 제 2 위치, 즉, 작동 위치에서, 이동가능 반사층은 부분적 반사층에 더 가깝게 위치될 수 있다. 2개의 층들로부터 반사되는 입사광이 이동가능 반사층의 위치에 따라 보강적으로(constructively) 또는 상쇄적으로(destructively) 간섭할 수 있어, 각 픽셀에 대한 전반사(overall reflective) 또는 무반사(non-reflective) 상태를 생성한다. 일부 구현들에서, IMOD는 비작동일 때 반사 상태에 있을 수 있어 가시 스펙트럼내의 광을 반사하며, 비작동일 때 어두운 상태에 있을 수 있어, 가시 범위 내의 광을 흡수하고 그리고/또는 상쇄적으로 간섭한다. 그러나, 일부 다른 구현들에서, IMOD는 비작동일 때 어두운 상태에 있을 수 있고, 작동일 때 반사 상태에 있을 수도 있다. 일부 구현들에서, 인가 전압의 도입이 픽셀들을 구동하여 상태들을 변화시킬 수 있다. 일부 다른 구현들에서, 인가 전하가 픽셀들을 구동하여 상태들을 변화시킬 수 있다.

[0038] [0054] 도 1의 픽셀 어레이의 도시된 부분은 2개의 인접한 간섭계 변조기들(12)을 포함한다. (도시된 바와 같이) 좌측의 IMOD(12)에서, 이동가능 반사층(14)은, 부분적 반사층을 포함하는 광학 스택(16)으로부터 미리결정된 거리에 있는 릴렉스 위치에 도시된다. 좌측의 IMOD(12)에 걸쳐 인가된 전압  $V_0$ 는 이동가능 반사층(14)의 작동(actuation)을 야기하기에는 불충분하다. 우측의 IMOD(12)에서, 이동가능 반사층(14)은 광학 스택(16) 근처의 또는 이에 인접한 작동 위치(actuated position)에 도시된다. 우측의 IMOD(12)에 걸쳐 인가된 전압  $V_{bias}$ 는 그 작동 위치에서 이동가능 반사층(14)을 유지하기에 충분하다.

[0039] [0055] 도 1에서, 픽셀들(12)의 반사 특성들은 일반적으로, 픽셀들(12) 상에 입사하는 광을 나타내는 화살표들(13), 및 좌측의 픽셀(12)로부터 반사하는 광(15)으로 예시된다. 상세하게 예시되지 않았지만, 픽셀들(12)상에

입사하는 대부분의 광(13)이 투명 기판(20)을 투과해서 광학 스택(16) 쪽으로 향할 수 있다는 것이 당업자들에 의해 이해될 것이다. 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 통해 투과한 광(13)의 일부는 다시 투명 기판(20)을 향해 (그리고 이를 통해) 이동가능 반사층(14)으로부터 반사될 것이다. 광학 스택(16)의 부분적 반사층으로부터 반사되는 광과 이동가능 반사층(14)으로부터 반사되는 광 사이의 간섭(보강 또는 상쇄)은 픽셀(12)로부터 반사된 광(15)의 파장(들)을 결정할 것이다

[0040]

[0056] 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 조과를 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 광학 스택(16)은 전기적으로 도전성이고, 부분적으로 투명하고, 부분적으로 반사성이고, 예를 들어, 상기 층들 중 하나 또는 그 조과를 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(이를테면, 크롬(Cr)), 반도체들 및 유전체들과 같이 부분적으로 반사성이 다양한 재료들로 형성될 수 있다. 부분적 반사층은 재료들의 하나 또는 그 조과의 층들로 형성될 수 있고, 층들 각각은 단일 재료 또는 재료들의 조합으로 형성될 수 있다. 일부 구현들에서, 광학 스택(16)은 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 IMOD의 다른 구조들의) 서로 다른, 전기적으로 더욱 도전성인 층들 또는 부분들이 IMOD 픽셀들 사이에서 신호들을 버싱(bus)하는 역할을 할 수 있다. 광학 스택(16)은 또한 하나 또는 그 조과의 도전 층들 또는 전기적으로 도전성/광학적으로 흡수성인 층을 커버하는 하나 또는 그 조과의 절연 또는 유전체 층들을 포함할 수 있다.

[0041]

[0057] 일부 구현들에서, 광학 스택(16)의 층(들)은 병렬 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 프로세스를 뿐만 아니라 마스킹을 지칭하는 것으로 본원에서 사용된다. 일부 구현들에서, 알루미늄(AI)과 같은 높은 도전성 및 반사성 재료가 이동가능 반사층(14)에 사용될 수 있고, 이들 스트립들은 디스플레이 디바이스에서 컬럼 전극들을 형성할 수 있다. 이동가능 반사층(14)은 중착된 금속층 또는 금속층들의 일련의 평행한 스트립들(광학 스택(16)의 로우 전극들에 직교함)로서 형성되어, 포스트들(18)의 상부에 중착된 컬럼들 및 포스트들(18) 사이에 중착된 중간 희생 재료를 형성할 수 있다. 희생 재료가 에칭될 때, 이동가능 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 1 내지  $1000\mu\text{m}$ 일 수 있지만, 대략적으로 캡(19)은 10,000 옹스트롬(Å) 미만일 수 있다.

[0042]

[0058] 일부 구현들에서, 작동 상태이든 또는 릴렉스 상태이든 간에, IMOD의 각각의 픽셀은 본질적으로 고정 및 이동 반사층들에 의해 형성된 커패시터이다. 어떠한 전압도 인가되지 않을 때, 이동가능 반사층(14)은 이동 가능 반사층(14)과 광학 스택(16) 사이에 캡(19)을 가진 채로, 도 1의 좌측의 픽셀(12)에 의해 예시되어 있는 바와 같이, 기계적으로 릴렉스 상태로 유지된다. 그러나, 전위차인 전압이, 선택된 로우 및 컬럼 중 적어도 하나에 인가될 때, 대응하는 픽셀에서 로우 및 컬럼 전극들의 교차점에 형성된 커패시터는 충전되고, 정전기력들은 전극들을 서로 끌어당긴다. 인가 전압이 임계치를 초과하면, 이동가능 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 픽셀(12)에 의해 예시된 바와 같이, 층들(14 및 16) 간의 단락을 방지하고 이들 간의 분리 거리를 제어할 수 있다. 이 거동(behavior)은 인가된 전위차의 구성에 관계없이 동일하다. 일부 경우들에서, 어레이에서의 일련의 픽셀들을 "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. 게다가, 디스플레이 엘리먼트들은 직교 로우들 및 컬럼들("어레이")로 균일하게 배열될 수 있거나, 예를 들어, 서로에 관하여 특정한 위치 오프셋들을 갖는 비선형 구성들("모자이크")로 배열될 수 있다. 용어들 "어레이" 및 "모자이크"는 각 구성을 지칭할 수 있다. 따라서, 디스플레이가 "어레이" 또는 "모자이크"를 포함하는 것으로 지칭되더라도, 엘리먼트들 자체가, 어느 경우에 있어서는, 서로 직교로 배열되거나 균일한 분포로 배치될 필요가 없지만, 비대칭 형상들 및 불균일하게 분포된 엘리먼트들을 갖는 배열들을 포함할 수 있다.

[0043]

[0059] 도 2는  $3 \times 3$  간섭계 변조기 디스플레이를 포함하는 전자 디바이스를 나타내는 시스템 블록도의 일례를 나타낸다. 전자 디바이스는 하나 또는 그 조과의 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 조과의 소프트웨어 애플리케이

션을 실행하도록 구성될 수 있다.

[0044] [0060] 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 IMOD들의  $3 \times 3$  어레이를 도시하지만, 디스플레이 어레이(30)는 매우 많은 수의 IMOD들을 포함할 수 있고, 컬럼들에서와는 상이한 수의 IMOD들을 로우들에서 가질 수 있고, 그 반대로 마찬가지이다.

[0045] [0061] 도 3은 도 1의 간접계 변조기에 대한 이동가능 반사층 위치 대 인가 전압을 예시하는 도면의 일례를 나타낸다. MEMS 간접계 변조기들의 경우, 로우/컬럼(즉, 공통/세그먼트) 기록 절차는 도 3에 도시된 바와 같이 이러한 디바이스들의 이력 특성을 이용할 수 있다. 하나의 예시적인 구현에서, 간접계 변조기는 이동가능 반사층 또는 미러로 하여금 릴렉스 상태로부터 작동 상태로 변화되게 하기 위해 약 10-볼트의 전위차를 사용할 수 있다. 전압이 그 값으로부터 감소될 때, 이동가능 반사층은 전압이 다시, 이 예에서는, 10 볼트 미만으로 강하되는 경우 자신의 상태를 유지하지만, 이동가능 반사층은 전압이 2 볼트 미만으로 강하할 때까지는 완전히 릴렉스하지 않는다. 따라서, 디바이스가 릴렉스 상태 또는 작동 상태 중 어느 하나에서 안정한 인가 전압의 윈도우가 있는 전압 범위가 존재하며, 이 예시에서, 도 3에 도시된 바와 같이 대략 3 - 7 볼트이다. 이를 본원에서는, "이력 윈도우(hysteresis window)" 또는 "안정성 윈도우(stability window)"로 지칭한다. 주어진 로우의 어드레싱 동안, 작동될 어드레싱된 로우에서의 픽셀들이, 이 예시에서, 약 10 볼트의 전압차에 노출되고, 릴렉스될 픽셀들은 거의 제로 볼트의 전압차에 노출되도록, 도 3의 이력 특징들을 갖는 디스플레이 어레이(30)에 대해, 로우/컬럼 기록 절차는 한번에 하나 또는 그 초과의 로우들을 어드레싱하도록 설계될 수 있다. 어드레싱 이후에, 픽셀들은, 이 예에서는 대략 5 볼트의 바이어스 전압차 또는 정상 상태에 노출될 수 있어서, 이들은 이전의 스트로빙(strobing) 상태를 유지하게 된다. 본 예에서, 어드레싱된 이후에, 각 픽셀은 약 3 내지 7 볼트의 "안정성 윈도우"내에서의 전위차를 겪는다(see). 이러한 이력 특성 특징은, 도 1에 예시된 것과 같은 픽셀 설계가 동일한 인가 전압 조건들하에서 작동 또는 릴렉스 기준 상태에서 안정하게 유지될 수 있게 한다. 작동 상태에 있든지 또는 릴렉스 상태에 있든지 간에, 각 IMOD 픽셀이 본질적으로 고정 또는 이동 반사층들에 의해 형성된 커패시터이기, 이러한 안정한 상태는 실질적으로 전력을 소모하거나 손실하지 않고 이력 윈도우내의 정상 전압에서 훌딩될 수 있다. 더욱이, 인가 전압 전위가 실질적으로 고정되어 유지되는 경우, 본질적으로 IMOD 픽셀로 전류가 거의 흐르지 않거나 또는 전혀 흐르지 않는다.

[0046] [0062] 일부 구현들에서, 주어진 로우에서의 픽셀들의 상태에 대한 (만약 있다면) 원하는 변화에 따라, 이미지 프레임은 컬럼 전극들의 세트에 따라 "세그먼트" 전압들의 형태로 데이터 신호들을 인가함으로써 생성될 수 있다. 어레이의 각 로우가 차례로 어드레싱될 수 있어서, 프레임은 한번에 하나의 로우씩 기록된다. 제 1 로우에서의 픽셀들에 원하는 데이터를 기록하기 위해, 제 1 로우에서의 픽셀들의 원하는 상태에 대응하는 세그먼트 전압들이 컬럼 전극들상에 인가될 수 있고, 특정한 "공통" 전압 또는 신호 형태의 제 1 로우 펄스가 제 1 로우 전극에 인가될 수 있다. 그 후, 세그먼트 전압들의 세트는 제 2 로우에서의 픽셀들의 상태에 대한 (만약 있다면) 원하는 변화에 대응하도록 변화될 수 있고, 제 2 공통 전압이 제 2 로우 전극에 인가될 수 있다. 일부 구현들에서, 제 1 로우에서의 픽셀들은 컬럼 전극들을 따라 인가된 세그먼트 전압들에서의 변화에 의해 영향을 받지 않아, 이들은 제 1 공통 전압 로우 펄스 동안 설정된 상태로 유지된다. 이러한 프로세스는 순차적 방식으로 전체 일련의 로우들 또는 대안으로는 컬럼들에 대해 반복되어 이미지 프레임을 생성할 수 있다. 프레임들은 초당 원하는 임의의 수의 프레임들씩 이러한 프로세스를 연속적으로 반복함으로써 새로운 이미지 데이터로 리프레이시되고 그리고/또는 업데이트될 수 있다.

[0047] [0063] 각 픽셀에 걸리게 인가된 세그먼트 및 공통 신호들의 조합(즉, 각 픽셀에 걸리는 전위차)은 각 픽셀의 결과적인 상태를 결정한다. 도 4는 다양한 공통 및 세그먼트 전압들이 인가될 때 간접계 변조기의 다양한 상태들을 예시하는 표의 일례를 나타낸다. 당업자에 의해 이해될 수 있듯이, "세그먼트" 전압들은 컬럼 전극들 또는 로우 전극들 중 어느 한 쪽에 인가될 수 있고, "공통" 전압들은 컬럼 전극들 또는 로우 전극들 중 다른 한 쪽에 인가될 수 있다.

[0048] [0064] 도 4(뿐만 아니라, 도 5b에 나타낸 타이밍 도면)에 예시되어 있는 바와 같이, 해제 전압(release voltage)( $VC_{REL}$ )이 공통 라인을 따라 인가될 때, 공통 라인을 따르는 모든 간접계 변조기들은 세그먼트 라인들을 따라 인가된 전압, 즉, 높은 세그먼트 전압( $VS_H$ ) 및 낮은 세그먼트 전압( $VS_L$ )에 관계없이, 대안으로는 해제 또는 비작동 상태로 지정되는 릴렉스 상태에 놓일 것이다. 특히, 해제 전압( $VC_{REL}$ )이 공통 라인을 따라 인가될 때, 변조기 픽셀들에 걸리는 전위 전압(대안으로는, 픽셀 전압으로 지정됨)은, 높은 세그먼트 전압( $VS_H$ ) 및 낮은 세

그먼트 전압( $VS_L$ )이 그 픽셀에 대한 대응하는 세그먼트 라인을 따라 인가되는 경우 모두 릴렉스 원도우(도 3을 참조, 또한 해제 원도우로 지칭됨)내에 있을 수 있다.

[0049] [0065] 높은 홀드 전압( $VC_{HOLD\_H}$ ) 또는 낮은 홀드 전압( $VC_{HOLD\_L}$ )과 같은 홀드 전압이 공통 라인상에 인가될 때, 간접계 변조기의 상태는 일정하게 유지될 것이다. 예를 들어, 릴렉스 IMOD는 릴렉스 위치에서 유지될 것이고, 작동된 IMOD는 작동 위치에서 유지될 것이다. 홀드 전압들은, 높은 세그먼트 전압( $VS_H$ ) 및 낮은 세그먼트 전압( $VS_L$ )이 대응하는 세그먼트 라인을 따라 인가되는 경우 모두 픽셀 전압이 안정성 원도우내에서 유지되도록 선택될 수 있다. 따라서, 세그먼트 전압 스윙(swing), 즉, 높은 세그먼트 전압( $VS_H$ )과 낮은 세그먼트 전압( $VS_L$ ) 사이의 차이는, 포지티브 또는 네거티브 안정성 원도우 중 어느 하나의 폭 미만이다.

[0050] [0066] 높은 어드레싱 전압( $VC_{ADD\_H}$ ) 또는 낮은 어드레싱 전압( $VC_{ADD\_L}$ )과 같은 어드레싱 또는 작동 전압이 공통 라인상에 인가될 때, 데이터가 각각의 세그먼트 라인들을 따른 세그먼트 전압들의 인가에 의해 라인을 따라 변조기들에 선택적으로 기록될 수 있다. 세그먼트 전압들은, 작동이 인가된 세그먼트 전압에 따르도록 선택될 수 있다. 어드레싱 전압이 공통 라인을 따라 인가될 때, 하나의 세그먼트 전압의 인가는 안정성 원도우내에서 픽셀 전압을 발생시켜, 픽셀로 하여금 비작동을 유지하게 할 것이다. 그에 반해, 다른 세그먼트 전압의 인가는 안정성 원도우를 넘는 픽셀 전압을 발생시켜, 픽셀의 작동을 발생시킬 것이다. 작동을 초래하는 특정한 세그먼트 전압은 어느 어드레싱 전압이 사용되는지에 따라 변할 수 있다. 일부 구현들에서, 높은 어드레싱 전압( $VC_{ADD\_H}$ )이 공통 라인을 따라 인가될 때, 높은 세그먼트 전압( $VS_H$ )의 인가는 변조기로 하여금 그것의 현재 위치에서 유지되게 할 수 있고, 낮은 세그먼트 전압( $VS_L$ )의 인가는 변조기의 작동을 초래할 수 있다. 그 결과, 세그먼트 전압들의 영향은 낮은 어드레싱 전압( $VC_{ADD\_L}$ )이 인가될 때 반대가 될 수 있는데, 높은 세그먼트 전압( $VS_H$ )은 변조기의 작동을 초래하고, 낮은 세그먼트 전압( $VS_L$ )은 변조기의 상태에 어떠한 영향도 주지 않는다(즉, 안정상태를 유지한다).

[0051] [0067] 일부 구현들에서, 변조기들에 걸쳐 동일한 극성의 전위차를 생성하는 홀드 전압들, 어드레스 전압들, 및 세그먼트 전압들이 사용될 수 있다. 일부 다른 구현들에서, 변조기들의 전위차의 극성을 때때로 교번시키는 신호들이 사용될 수 있다. 변조기들에 걸친 극성의 교번(즉, 기록 절차들의 극성의 교번)은 단일 극성의 반복된 기록 동작들 이후에 발생할 수 있는 전하 축적을 감소시키거나 억제할 수 있다.

[0052] [0068] 도 5a는, 도 2의  $3 \times 3$  간접계 변조기 디스플레이에서 디스플레이 데이터의 프레임을 예시하는 도면의 일례를 나타낸다. 도 5b는 도 5a에 도시된 디스플레이 데이터의 프레임을 기록하기 위해 사용될 수 있는 공통 및 세그먼트 신호들에 대한 태이밍 도면의 일례를 나타낸다. 이 신호들은, 도 5a에 예시된 디스플레이 어레이 인지먼트를 라인 타임(60e)에서 궁극적으로 초래할 도 2의 어레이와 유사한  $3 \times 3$  어레이에 적용된다. 도 5a의 작동된 변조기들은 어두운-상태에 있는데, 즉, 여기서, 반사된 광의 상당한 부분은 가시 스펙트럼 외부에 있어 예를 들어, 뷰어에게 어두운 외관을 발생시킬 수 있다. 도 5a에 예시된 프레임을 기록하기 이전에, 픽셀들은 임의의 상태에 있을 수 있지만, 도 5b의 태이밍도에 예시된 기록 절차는 각 변조기가 해제되었고 제 1 라인 타임(60a) 이전에 비작동 상태에 있다는 것을 가정한다.

[0053] [0069] 제 1 라인 타임(60a) 동안: 해제 전압(70)이 공통 라인 1상에 인가되고; 공통 라인 2상에 인가된 전압은 높은 홀드 전압(72)에서 시작하여 해제 전압(70)으로 이동하며; 낮은 홀드 전압(76)은 공통 라인 3을 따라 인가된다. 따라서, 공통 라인 1을 따르는 변조기들(공통 1, 세그먼트 1)(1, 2) 및 (1, 3)은 제 1 라인 타임(60a)의 지속기간 동안 릴렉스 또는 비작동 상태로 유지되고, 공통 라인 2를 따르는 변조기들(2, 1), (2, 2) 및 (2, 3)은 릴렉스 상태로 이동할 것이며, 공통 라인 3을 따르는 변조기들(3, 1), (3, 2) 및 (3, 3)은 그들의 이전 상태에서 유지될 것이다. 도 4를 참조하여, 세그먼트 라인들 1, 2 및 3을 따라 인가된 세그먼트 전압들은, 공통 라인들 1, 2 또는 3 중 어느 것도 라인 타임(60a) 동안 작동을 초래하는 전압 레벨들(즉,  $VC_{REL}$  - 릴렉스 및  $VC_{HOLD\_L}$  - 안정)에 노출되지 않기 때문에, 간접계 변조기들의 상태에 어떠한 영향도 미치지 않을 것이다.

[0054] [0070] 제 2 라인 타임(60b) 동안, 공통 라인 1상의 전압은 높은 홀드 전압(72)으로 이동하고, 공통 라인 1을 따르는 모든 변조기들은, 어떠한 어드레싱 전압 또는 작동 전압도 공통 라인 1상에 인가되지 않았기 때문에, 인가된 세그먼트 전압에 관계없이 릴렉스 상태로 유지된다. 공통 라인 2를 따르는 변조기들은 해제 전압(70)의 인가로 인해 릴렉스 상태로 유지되고, 공통 라인 3을 따르는 변조기들(3, 1), (3, 2) 및 (3, 3)은 공통 라인 3을 따르는 전압이 해제 전압(70)으로 이동할 때 릴렉스할 것이다.

- [0055] [0071] 제 3 라인 타임(60c) 동안, 공통 라인 1은 공통 라인 1상에 높은 어드레스 전압(74)을 인가함으로써 어드레싱된다. 낮은 세그먼트 전압(64)이 이러한 어드레스 전압의 인가 동안 세그먼트 라인들 1 및 2를 따라 인가되기 때문에, 변조기들(1, 1) 및 (1, 2)에 걸리는 픽셀 전압은 변조기들의 포지티브 안정성 원도우의 하이 엔드(hight end)보다 크고(즉, 전압차가 미리정해진 임계값을 초과하고), 변조기들(1, 1) 및 (1, 2)은 작동된다. 반대로, 높은 세그먼트 전압(62)이 세그먼트 라인 3을 따라 인가되기 때문에, 변조기(1, 3)에 걸리는 픽셀 전압은 변조기들(1, 1) 및 (1, 2)에 걸리는 디스플레이 엘리먼트 전압 미만이고, 변조기의 포지티브 안정성 원도우 내에서 유지되어서, 변조기(1, 3)가 릴렉스 상태로 유지된다. 또한, 라인 타임(60c) 동안, 공통 라인 2를 따른 전압은 낮은 홀드 전압(76)으로 감소하고, 공통 라인 3을 따른 전압은 해제 전압(70)에서 유지되어, 공통 라인들 2 및 3을 따르는 변조기들이 릴렉스 위치에 남아 있게 된다.
- [0056] [0072] 제 4 라인 타임(60d) 동안, 공통 라인 1상의 전압은 높은 홀드 전압(72)으로 복귀하여, 공통 라인 1을 따르는 변조기들이 그들 각각의 어드레싱된 상태들에 남아 있게 된다. 공통 라인 2상의 전압은 낮은 어드레스 전압(78)으로 감소된다. 높은 세그먼트 전압(62)이 세그먼트 라인 2를 따라 인가되기 때문에, 변조기(2, 2)에 걸리는 픽셀 전압은 변조기의 네거티브 안정성 원도우의 로우 엔드(lower end) 미만이어서, 변조기(2, 2)가 작동하게 한다. 반대로, 낮은 세그먼트 전압(64)이 세그먼트 라인들 1 및 3을 따라 인가되기 때문에, 변조기들(2, 1) 및 (2, 3)은 릴렉스 위치에 유지된다. 공통 라인 3상의 전압은 높은 홀드 전압(72)으로 증가하여, 공통 라인 3을 따르는 변조기들이 릴렉스 상태에 있게 된다.
- [0057] [0073] 마지막으로, 제 5 라인 타임(60e) 동안, 공통 라인 1상의 전압은 높은 홀드 전압(72)에서 유지되고, 공통 라인 2상의 전압은 낮은 홀드 전압(76)에서 유지되어서, 공통 라인들(1 및 2)을 따르는 변조기들은 그들 각각의 어드레싱된 상태들에 남아 있게 된다. 공통 라인 3상의 전압은 높은 어드레스 전압(74)으로 증가하여 공통 라인 3을 따르는 변조기들을 어드레싱한다. 낮은 세그먼트 전압(64)이 세그먼트 라인들 2 및 3상에 인가되기 때문에, 변조기들(3, 2) 및 (3, 3)은 작동하는 한편, 세그먼트 라인 1을 따라 인가된 높은 세그먼트 전압(62)은 변조기(3, 1)로 하여금 릴렉스 위치에서 유지되게 한다. 따라서, 제 5 라인 타임(60e)의 종단에서, 3×3 픽셀 어레이에는 도 5a에 도시된 상태에 있고, 다른 공통 라인들(미도시)을 따르는 변조기들이 어드레싱될 때 발생할 수 있는 세그먼트 전압에서의 변동들에 관계없이 홀드 전압들이 공통 라인들을 따라 인가되는 한 그 상태에서 유지될 것이다.
- [0058] [0074] 도 5b의 타이밍도에서, 주어진 기록 절차(즉, 라인 타임들(60a-60e))는 높은 홀드 및 어드레스 전압들, 또는 낮은 홀드 및 어드레스 전압들 중 어느 하나의 사용을 포함할 수 있다. 기록 절차가 주어진 공통 라인에 대해 완료되면(그리고, 공통 전압이 작동 전압과 동일한 극성을 갖는 홀드 전압으로 설정되면), 픽셀 전압은 주어진 안정성 원도우내에서 유지되고, 해제 전압이 그 공통 라인상에 인가될 때까지 릴렉스 원도우를 통과하지 않는다. 또한, 각 변조기가 변조기를 어드레싱하기 이전에 기록 절차의 일부로서 해제될 때, 해제 시간 보다는, 변조기의 작동 시간이 라인 타임을 결정할 수 있다. 구체적으로, 변조기의 해제 시간이 작동 시간 보다 큰 구현들에서, 해제 전압은 도 5b에 도시되어 있는 바와 같이, 단일 라인 시간 보다 더 오래 인가될 수 있다. 일부 다른 구현들에서, 공통 라인들 또는 세그먼트 라인들을 따라 인가된 전압들은 상이한 컬러들의 변조기들과 같은 상이한 변조기들의 작동 및 해제 전압들에서의 변동들을 고려하여 변할 수 있다.
- [0059] [0075] 위에서 제시된 원리들에 따라 동작하는 간접계 변조기들의 구조의 세부사항들은 폭넓게 변경될 수 있다. 예를 들어, 도 6a-6e는, 이동가능 반사층(14) 및 이의 지지 구조들을 포함한, 간접계 변조기들의 여러 구현들의 단면들의 예들을 도시한다. 도 6a는 도 1의 간접계 변조기 디스플레이의 부분적 단면의 예를 도시하고, 여기서, 금속 재료의 스트립, 즉 이동가능 반사층(14)이 기판(20)으로부터 직교하여 연장하는 지지부들(18) 상에 증착된다. 도 6b에서, 각각의 IMOD의 이동가능 반사층(14)은 일반적으로 정사각형 또는 직사각형 형상이며, 테더(tether)들(32) 상의 코너들에 있는 또는 코너들 근처의 지지부들에 부착된다. 도 6c에서, 이동가능 반사층(14)은 일반적으로, 정사각형 또는 직사각형 형상이며, 플렉시블 금속(flexible metal)을 포함할 수 있는 변형가능 층(34)으로부터 현수될 수 있다. 변형가능 층(34)은, 직접적으로 또는 간접적으로, 이동가능 반사층(14)의 주변 둘레의 기판(20)에 연결될 수 있다. 이를 연결들은 여기에서 지지 포스트들로 지칭된다. 도 6c에 도시된 구현들은 이동가능 반사층(14)의 광학적 기능들을 이동가능 반사층(14)의 기계적 기능들로부터 디커플링(decoupling)함으로써 유도하는 추가적인 이점들을 가지며, 이러한 디커플링은 변형가능 층(34)에 의해 수행된다. 이러한 디커플링은 반사층(14)에 대해 사용되는 구조 설계 및 재료들 및 변형가능 층(34)에 대해 사용되는 구조 설계 및 재료들이 서로 독립적으로 최적화되도록 허용한다.
- [0060] [0076] 도 6d는 IMOD의 또 다른 예를 도시하며, 여기서 이동가능 반사층(14)은 반사 서브-층(sub-layer)(14a)을 포함한다. 이동가능 반사층(14)은 지지 포스트들(18)과 같은 지지 구조 상에 존재한다. 지지

포스트들(18)은 하부 정지 전극(즉, 예시된 IMOD 내의 광학 스택(16)의 일부)으로부터의 이동가능 반사층(14)의 분리를 제공하고, 따라서, 예를 들어, 이동가능 반사층(14)이 릴렉스 위치에 있을 때, 캡(19)이 이동가능 반사층(14) 및 광학 스택(16) 사이에 형성된다. 이동가능 반사층(14)은 또한 전극으로서 역할을 하도록 구성될 수 있는 도전성 층(14c), 및 지지층(14b)을 포함할 수 있다. 이 예에서, 도전성 층(14c)은 기판(20)으로부터 먼 지지층(14b)의 한 측면 상에 배치되고, 반사 서브-층(14a)은 기판(20)에 인접한 지지층(14b)의 다른 측면 상에 배치된다. 일부 구현들에서, 반사 서브-층(14a)은 도전성일 수 있고, 지지층(14b) 및 광학 스택(16) 사이에 배치될 수 있다. 지지층(14b)은 유전체 재료, 예를 들어, 실리콘 옥시나이트라이드(SiON) 또는 이산화 실리콘( $\text{SiO}_2$ )의 하나 또는 그 초과의 층들을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 지지층(14b)은 예를 들어,  $\text{SiO}_2/\text{SiON}/\text{SiO}_2$  삼중층(tri-layer) 스택과 같은 층들의 스택일 수 있다. 반사 서브-층(14a) 및 도전성 층(14c) 중 어느 하나 또는 둘 모두는, 예를 들어, 약 0.5% 구리(Cu)와의 알루미늄(Al) 합금, 또는 또 다른 반사성 금속 재료를 포함할 수 있다. 유전체 지지층(14b) 위 아래에 도전성 층들(14a 및 14c)을 사용하는 것은 응력들의 균형을 맞추고, 향상된 도전성을 제공할 수 있다. 일부 구현들에서, 반사 서브-층(14a) 및 도전성 층(14c)은 이동가능 반사층(14) 내의 특정 응력 프로파일들을 달성하는 것과 같은 다양한 설계 목적들을 위해 상이한 재료들로 형성될 수 있다.

[0061]

[0077] 도 6d에 예시된 바와 같이, 일부 구현들은 또한 검은색 마스크 구조(23)를 포함할 수 있다. 검은색 마스크 구조(23)는 주변광 또는 미광을 흡수하기 위해 (예를 들어, 픽셀들 사이의 또는 포스트들(18) 아래의) 광학적으로 비활성 영역들에 형성될 수 있다. 검은색 마스크 구조(23)는 또한 광이 디스플레이의 비활성 부분들로부터 반사되거나 디스플레이의 비활성 부분들을 통해 투과되는 것을 억제함으로써 디스플레이 디바이스의 광학 특성을 개선하고, 이에 의해 콘트라스트 비를 증가시킬 수 있다. 부가적으로, 검은색 마스크 구조(23)는 도전성이며, 전기적 버싱층(electrical bussing layer)으로서 기능하도록 구성될 수 있다. 일부 구현들에서, 행 전극들은 연결된 행 전극들의 저항을 감소시키기 위해 검은색 마스크 구조(23)에 연결될 수 있다. 검은색 마스크 구조(23)는 중착 및 패터닝 기술들을 포함하는 다양한 방법들을 사용하여 형성될 수 있다. 검은색 마스크 구조(23)는 하나 또는 그 초과의 층들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 구현들에서, 검은색 마스크 구조(23)는, 각각 약 30-80 Å, 500-1000 Å, 및 500-6000 Å의 범위의 두께를 가지는, 흡광기(optical absorber)로서 역할을 하는 몰리브덴-크롬(MoCr)층, 층, 및 반사체 및 버싱층으로서 역할을 하는 알루미늄 합금을 포함한다. 하나 또는 그 초과의 층들은, 예를 들어, MoCr 및  $\text{SiO}_2$  층들을 위한 탄소 테트라플루오르메탄( $\text{CF}_4$ ) 및/또는 산소( $\text{O}_2$ ), 및 알루미늄 합금층을 위한 염소( $\text{Cl}_2$ ) 및/또는 봉소 트리클로라이드( $\text{BCl}_3$ )를 포함하는 포토리소그래피 및 전식 에칭을 비롯해 다양한 기술들을 사용하여 패터닝될 수 있다. 일부 구현들에서, 검은색 마스크(23)는 에탈론 또는 간접계 스택 구조일 수 있다. 이러한 간접계 스택 검은색 마스크 구조들(23)에서, 도전성 흡수체들은 각각의 행 또는 열의 광학 스택(16) 내의 하부의 정지 전극들 사이에서 신호들을 전송하거나 버싱(bus)하기 위해 사용될 수 있다. 일부 구현들에서, 스페이서층(35)은 일반적으로, 검은색 마스크(23) 내의 도전성 층들로부터 흡수체 층(16a)을 전기적으로 격리하는 역할을 할 수 있다.

[0062]

[0078] 도 6e는 IMOD의 또 다른 예를 도시하며, 여기서, 이동가능 반사층(14)은 자가-지지적이다. 도 6d와 대조적으로, 도 6e의 구현은 지지 포스트들(18)을 포함하지 않는다. 대신, 이동가능 반사층(14)은 다수의 위치들에서의 기반(underlying) 광학 스택(16)에 접촉하고, 이동가능 반사층(14)의 곡률(curvature)은, 간접계 변조기에 걸린 전압이 작동을 야기하기에는 불충분할 때 이동가능 반사층(14)이 도 6e의 비작동 위치로 돌아가기에 충분한 지지부를 제공한다. 복수의 여러 상이한 층들을 포함할 수 있는 광학 스택(16)은 명료함을 위해 흡광기(16a) 및 유전체(16b)를 포함하는 것으로 여기에 도시된다. 일부 구현들에서, 흡광기(16a)는 고정 전극 및 부분적 반사층 를 모두로서 역할을 할 수 있다. 일부 구현들에서, 흡광기(16a)는 이동가능 반사층(14)보다 10배 (10배 이상) 더 얇다. 일부 구현들에서, 흡광기(16a)는 반사 서브-층(14a)보다 더 얇다.

[0063]

[0079] 도 6a-6e에 도시된 것과 같은 구현들에서, IMOD들은, 이미지들이 투명 기판(20)의 전방 측면, 즉 변조기가 배열되는 측의 반대측으로부터 보여지는, 다이렉트 뷰(direct-view) 디바이스로서 기능한다. 이를 구현들에서, 디바이스의 후방 부분들(즉, 예를 들어, 도 6c에 예시된 변형가능 층(34)을 포함하는 이동가능 반사층(14) 뒤의 디스플레이 디바이스의 임의의 부분)이 구성되며, 디스플레이 디바이스의 이미지 품질에 영향을 끼치거나(impact) 부정적으로 영향을 주지 않고 동작될 수 있는데, 왜냐하면, 반사층(14)이 디바이스의 해당 부분들을 광학적으로 차폐하기 때문이다. 예를 들어, 일부 구현들에서, 이동가능 반사층(14) 뒤에 버스 구조(예시되지 않음)가 포함될 수 있으며, 이는 전압 어드레싱 및 이러한 어드레싱으로부터 기인하는 움직임들과 같은, 변조기의 전기기계적 특성들로부터 변조기의 광학적 특성들을 분리하기 위한 능력을 제공한다. 부가적으로, 도

6a-6e의 구현들은 예를 들면 패터닝과 같은 프로세싱을 단순화할 수 있다.

[0064]

[0080] 도 7은 간접계 변조기에 대한 제조 프로세스(80)를 예시하는 흐름도의 예를 도시하고, 도 8a-8e는 이러한 제조 프로세스(80)의 대응하는 스테이지들의 단면의 개략적 예시들의 예들을 도시한다. 일부 구현들에서, 제조 프로세스(80)는, 도 1 및 6에 예시된 일반적 타입의 간접계 변조기들과 같은 전기기계 시스템 디바이스들을 제조하기 위해 구현될 수 있다. 전기기계 시스템 디바이스의 제조는 또한 도 7에 도시되지 않은 다른 블록들을 포함할 수 있다. 도 1, 6 및 7을 참조하면, 프로세스(80)는 블록(82)에서 기판(20) 위에 광학 스택(16)을 형성하는 것으로 시작한다. 도 8a는 기판(20) 위에 형성된 이러한 광학 스택(16)을 예시한다. 기판(20)은 유리 또는 플라스틱과 같은 투명 기판일 수 있고, 이는 유연하거나 또는 비교적 딱딱하여 구부러지지 않을 수 있으며, 광학 스택(16)의 효율적 형성을 용이하게 하기 위한 사전 준비 프로세스들, 예를 들어, 세정을 받았을 수 있다. 위에서 논의된 바와 같이, 광학 스택(16)은 전기적으로 도전성이 있고, 부분적으로 투명하고 부분적으로 반사성일 수 있으며, 예를 들어, 투명 기판(20) 상에 원하는 특징들을 가지는 하나 또는 그 초파의 층들을 증착시킴으로써 제조될 수 있다. 도 8a에서, 광학 스택(16)은 서브-층들(16a 및 16b)을 가지는 다층 구조를 포함하지만, 일부 다른 구현들에서 더 많거나 더 적은 서브-층들이 포함될 수 있다. 일부 구현들에서, 서브-층들(16a 및 16b) 중 하나는 결합된 도전체/흡수체 서브-층(16a)과 같은 광학적 흡수성 및 전기적 도전성 특성을 모두를 가지고도록 구성될 수 있다. 부가적으로, 서브-층들(16a, 16b) 중 하나 이상은 평행한 스트립들로 패터닝될 수 있고, 디스플레이 디바이스 내에 행 전극들을 형성할 수 있다. 이러한 패터닝은 마스킹 및 에칭 프로세스 또는 당해 기술분야에 공지된 또 다른 적절한 프로세스에 의해 수행될 수 있다. 일부 구현들에서, 서브-층들(16a 및 16b) 중 하나는 하나 또는 그 초파의 금속층들(예를 들어, 하나 또는 그 초파의 반사 및/또는 도전성 층들) 위에 증착되는 서브-층(16b)과 같은 절연 또는 유전체 층일 수 있다. 더욱이, 광학 스택(16)은 디스플레이의 행들을 형성하는 개별 및 평행한 스트립들로 패터닝될 수 있다. 도 8a 내지 8e는 실체대로 도시되지 않을 수 있다는 것에 유의해야 한다. 예를 들면, 일부 구현들에서, 광학 스택의 서브-층들 중 하나, 즉 광 흡수층은 매우 얇을 수 있는 반면에, 서브-층들(16a, 16b)은 도 8a 내지 도 8e에서 약간 두껍게 도시된다.

[0065]

[0081] 프로세스(80)는 블록(84)에서 광학 스택(16) 위에 희생층(25)을 형성하는 것으로 계속한다. 희생층(25)은 캐비티(19)를 형성하기 위해 (예를 들어, 블록 90 참조) 추후 제거되고, 따라서, 희생층(25)은 도 1에 예시된 결과적인 간접계 변조기들(12)에는 도시되지 않는다. 도 8b는 광학 스택(16) 위에 형성된 희생층(25)을 포함하는 부분적으로 제조된 디바이스를 예시한다. 광학 스택(16) 위에 희생층(25)을 형성하는 것은, 후속적 제거 이후에 원하는 설계 크기를 가지는 캡 또는 캐비티(19)(또한 도 1 및 8e를 참조)를 제공하기 위해 선택된 두께로, 몰리브덴(Mo) 또는 비정질 실리콘(Si)과 같은 제논 디아플루오라이드(XeF<sub>2</sub>)-에칭가능 재료의 증착을 포함할 수 있다. 희생 재료의 증착은 물리 기상 증착 (스퍼터링과 같은 많은 상이한 기술들을 포함할 수 있는 PVD), 플라즈마-강화 화학 기상 증착(PECVD), 열적 화학 기상 증착(열 CVD), 또는 스판 코팅과 같은 증착 기술들을 사용하여 수행될 수 있다.

[0066]

[0082] 프로세스(80)는 블록(86)에서 지지 구조, 예를 들어, 도 1, 도 6 및 도 8c에 예시된 포스트(18)의 형성으로 계속한다. 포스트(18)의 형성은 지지 구조 애퍼처를 형성하기 위해 희생층(25)을 패터닝하는 것, 및 이후 포스트(18)를 형성하기 위해, PVD, PECVD, 열적 CVD 또는 스판-코팅과 같은 증착 방법을 사용하여, 애퍼처 내로 재료(예를 들어, 폴리머 또는 무기 재료, 예를 들어, 실리콘 산화물)을 증착시키는 것을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 희생층에 형성된 지지 구조 애퍼처는 희생층(25) 및 광학 스택(16) 모두를 통해 기반 기판(20)으로 확장될 수 있고, 따라서, 포스트(18)의 하부 단부는 도 6a에 예시된 바와 같이 기판(20)에 접촉한다. 대안적으로, 도 8c에 도시된 바와 같이, 희생층(25)에 형성된 애퍼처는 광학 스택(16)을 통해서가 아니라 희생층(25)을 통해 확장할 수 있다. 예를 들어, 도 8e는 광학 스택(16)의 상부 표면과 접촉하는 지지 포스트들(18)의 하부 단부들을 예시한다. 포스트(18) 또는 다른 지지 구조들은 희생층(25) 위에 지지 구조 재료의 층을 증착시키고, 희생층(25) 내의 애퍼처들로부터 떨어져 위치된 지지 구조 재료의 일부분들을 패터닝함으로써 형성될 수 있다. 지지 구조들은 도 8c에 예시된 바와 같이 애퍼처들 내에 위치될 수 있을 뿐만 아니라, 또한 적어도 부분적으로 희생층(25)의 일부분 위에 확장할 수 있다. 위에서 언급된 바와 같이, 희생층(25) 및/또는 지지 포스트들(18)의 패터닝은 패터닝 및 에칭 프로세스에 의해 수행될 뿐만 아니라, 또한 대안적인 에칭 방법들에 의해 수행될 수 있다.

[0067]

[0083] 프로세스(80)는 블록(88)에서 도 1, 6 및 8d에 예시된 이동가능 반사층(14)과 같은 이동가능 반사층 또는 막의 형성으로 계속한다. 이동가능 반사층(14)은, 하나 또는 그 초파의 패터닝, 마스킹 및/또는 에칭 단계들과 함께, 예를 들어, 반사층(예를 들어, 알루미늄, 알루미늄 합금 또는 다른 반사층) 증착을 포함하는 하나 또는 그 초파의 증착 단계들을 사용함으로써 형성될 수 있다. 이동가능 반사층(14)은 전기적으로 도전성일 수

있고, 전기적 도전성 층으로 지칭될 수 있다. 일부 구현들에서, 이동가능 반사층(14)은 도 8d에 도시된 바와 같은 복수의 서브-층들(14a, 14b 및 14c)을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 서브-층들(14a, 14c)과 같은 서브-층들 중 하나 이상은 이들의 광학 특성들에 대해 선택된 높은 반사성의 서브-층들을 포함할 수 있고, 또 다른 서브-층(14b)은 자신의 기계적 특성들에 대해 선택된 기계적 서브-층을 포함할 수 있다. 희생층(25)이 블록(88)에서 형성된 부분적으로 제조된 간접 측정 변조기에 여전히 존재하기 때문에, 이동가능 반사층(14)은 통상적으로 이 스테이지에서 이동가능하지 않다. 희생층(25)을 포함하는 부분적으로 제조된 IMOD는 또한 "릴리스되지 않은" IMOD로서 여기에서 지칭될 수 있다. 도 1과 관련하여 전술된 바와 같이, 이동가능 반사층(14)은 디스플레이의 열들을 형성하는 개별적인 그리고 평행한 스트립들로 패터닝될 수 있다.

[0068] 프로세스(80)는 블록(90)에서 캐비티, 예를 들어, 도 1, 도 6 및 도 8e에 예시된 바와 같은 캐비티(19)의 형성으로 계속된다. 캐비티(19)는 (블록(84)에서 증착된) 희생 재료(25)을 에체트에 노출시킴으로써 형성될 수 있다. 예를 들어, Mo 또는 Si와 같은 에칭 가능한 희생 재료는 건식 화학 에칭에 의해, 즉 원하는 양의 재료를 제거하기에 효과적인 시간 기간 동안 고체 XeF<sub>2</sub>로부터 유도된 증기들과 같은, 가스 또는 기상(vaporous) 에체트에 희생층(25)을 노출시킴으로써 제거될 수 있다. 희생 재료는 통상적으로 캐비티(19)를 둘러싸는 구조들에 대해 선택적으로 제거된다. 다른 에칭 방법들, 예를 들어, 습식 에칭 및/또는 플라즈마 에칭이 또한 사용될 수 있다. 희생층(25)이 블록(90) 동안 제거되기 때문에, 이동가능 반사층(14)은 통상적으로 이 스테이지 이후에 이동가능하다. 희생 재료(25)의 제거 이후, 결과적인 완전히 또는 부분적으로 제조된 IMOD는 "릴리스된" IMOD로서 여기에서 지칭될 수 있다.

[0069] 도 9a 내지 도 9e는, 상이한 컬러들을 생성하기 위해 아날로그 IMOD(AIMOD)가 어떻게 구성될 수 있는지의 예시들을 나타낸다. 쌍-안정 IMOD 디바이스에서와 같이, AIMOD에서, 꾹셀의 반사성 컬러는 흡수체 스택과 미러 스택 사이의 캡 공간을 변화시킴으로써 변경될 수 있다. 그러나, 쌍-안정 IMOD 디바이스와는 다르게, AIMOD는 단지 2개의 상태들, 텔렉스 상태 및 작동 상태보다 많은 상태들을 가질 수 있다. 오히려, AIMOD는 다수의 상태들, 이를 테면, 3개 또는 그 초과, 5개 또는 그 초과의 상태들, 8개 또는 그 초과 또는 16개 또는 그 초과의 상태들을 가질 수 있다. 예를 들어, AIMOD는 8개의 상태들인, 백색, 흑색, 및 6개의 다른 컬러들을 가질 수 있다. 그러한 수많은 상태들에서 AIMOD를 제어하기 위해, 하나 또는 그 초과의 스위치들(예를 들어, 박막 트랜지스터들)을 포함하는 제어 회로는, 각각의 AIMOD를 개별적으로 어드레싱하기 위해 제공될 수 있고, 특정 거리에서 교체될 흡수체 스택 및 미러 스택에 대한 AIMOD의 이동가능 전극과 고정형 전극 사이에 적절한 전압차를 제공하기 위해 제공될 수 있다. 도 9a 내지 도 9e에서, AIMOD(900)는 미러 스택(905) 및 흡수체 스택(910)을 포함한다. 이러한 구현에서, 미러 스택(905)은, 적어도 하나의 반사층을 포함하고 흡수체 스택(910)에 대하여 5개의 위치들에서 나타난다. 그러나, 다양한 구현들에서, AIMOD(900)는 미러 스택(905)에 대하여 실질적으로 5개 이상의 위치들 사이에서 이동가능할 수 있다. 일부 이러한 구현들에서, 미러 스택(905)과 흡수체 스택(910) 사이의 캡(930)의 크기는 실질적으로 연속적인 방식으로 변경될 수 있다. 일부 이러한 AIMOD들(900)에서, 캡(930)의 크기는, 높은 수준의 정밀도로, 예를 들어, 10nm 또는 그 미만의 에러를 가지고 제어될 수 있다. 흡수체 스택(910)이 이 예시에서 단일 흡수체 층을 포함하지만, 흡수체 스택(910)의 대안적인 구현들은 다수의 흡수체 층들을 포함할 수 있다.

[0070] [0086] 파장  $\lambda$ 을 갖는 입사파(incident wave)는, 로컬 피크들 및 널(null)들을 갖는 정재파(standing wave)를 생성하기 위해 미러 스택(905)으로부터의 자신 소유의 반사와 간섭할 것이다. 제 1 널은 미러로부터  $\lambda/2$ 이고, 후속 널들은  $\lambda/2$  인터벌들에 로케이팅된다. 그 파장의 경우, 널 위치들 중 하나에 위치된 얇은 흡수체 층은 매우 약간의 에너지를 흡수할 것이다. 이러한 이유로, 그 파장에 대응하는 컬러들은 투과될 것이며, 더 큰 에너지를 갖는 파장들에 대응하는 컬러들은 부분적으로 또는 크게 흡수될 것이다.

[0071] [0087] 도 9a를 먼저 참조하면, 캡(930)이 적색 컬러(925)의 1/2 파장과 실질적으로 동일할 때, 흡수체 스택(910)은 적색 간섭 패턴의 널에 위치된다. 광은 흡수체 스택(910)에 의해 부분적으로 반사되고 그리고 부분적으로 투과된다. 캡(930)의 크기와 동일한 깊이를 갖는 광학적 캐비티가 흡수체 스택(910)과 미러 스택(905) 사이에 형성된다. 이에 따라, 적색 컬러(925)에 실질적으로 대응하는 파장을 갖는 광은, 흡수체 스택(910)으로부터 반사된 적색광과 미러 스택(905)으로부터 반사된 적색광 사이에 보강 간섭(constructive interference)으로 인해 효율적으로 반사된다(흡수되지 않음). 청색 컬러(915) 및 녹색 컬러(920)를 포함하는 다른 컬러들의 광은, 보강 간섭에 의해 보강되지 않는다. 대신에, 이러한 광은 흡수체 스택(910)에 의해 실질적으로 흡수된다.

[0072] [0088] 도 9b는, 미러 스택(905)이 흡수체 스택(910)으로 더 가까이 이동되는(또는, 그 반대) 구성의

AIMOD(900)를 도시한다. 이 예시에서, 캡(930)은, 녹색 컬러(920)의 1/2 파장과 실질적으로 동일하다. 녹색 컬러(920)에 실질적으로 대응하는 파장을 갖는 광은, 흡수체 스택(910)로부터 반사된 녹색 광과 미러 스택(905)으로부터 반사된 녹색 광 사이의 보강 간섭으로 인해, 효율적으로 반사된다(흡수되지 않는다). 적색 컬러(925) 및 청색 컬러(915)를 포함하는 다른 컬러들의 광은, 흡수체 스택(910)에 의해 실질적으로 흡수된다.

[0073] [0089] 도 9c에서, 미러 스택(905)은, 캡(930)이 청색 컬러(915)의 1/2 파장과 실질적으로 동일하도록, 흡수체 스택(910)에 더 가깝게 이동된다(또는 그 반대). 청색 컬러(915)에 실질적으로 대응하는 파장을 갖는 광은 보강 간섭으로 인해 효율적으로 반사된다(흡수되지 않는다). 적색 컬러(925) 및 녹색 컬러(920)를 포함하는 다른 컬러들의 광은, 흡수체 스택(910)에 의해 실질적으로 흡수된다.

[0074] [0090] 도 9d에서, 그러나, AIMOD(900)는, 캡(930)이 가시 범위의 평균 컬러의 파장의 1/4과 실질적으로 동일한 구성에 있다. 이러한 배열에서, 흡수체는, 파장들의 범위에 대한 간섭 정재파의 강도 피크(intensity peak) 가까이에 (또는 상당한 광학적 파워가 존재하는 위치에) 위치되며; 높은 피크 강도로 인한 강력한 흡수는 비교적 약간의 가시광으로 하여금 AIMOD(900)로부터 반사되도록 야기한다. 이러한 구성은, "흑색 상태"로 본원에 지칭될 수 있다. 일부 이러한 구현들에서, 캡(930)은, 가시 범위 외부에 있는 다른 파장들을 보강하기 위해, 도 9d에 나타낸 것 보다 더 크거나 또는 더 작게 만들어질 수 있다. 이에 따라, 도 9d에 나타낸 AIMOD(900)의 구성은 단지 AIMOD(900)의 흑색 상태 구성의 일례를 제공한다.

[0075] [0091] 도 9e는, 흡수체 스택(910)이 미러 스택(905)에 실질적으로 인접하는 구성의 AIMOD(900)를 도시한다. 이 예시에서, 캡(930)은 무시해도 될 정도이다. 넓은 범위의 파장들을 갖는 광은, 흡수체 스택(910)에 의해 상당한 정도로 흡수되지 않고 미러 스택(905)으로부터 효율적으로 반사된다. 이러한 구성은, "백색 상태"로 본원에 지칭될 수 있다.

[0076] [0092] 앞서 설명된 바와 같이, 아날로그 IMOD 디스플레이들을 포함하는 아날로그 EMS 디스플레이 디바이스들에서, 광학 캡은 원하는 컬러에서 광을 반사시키기 위해 연속적으로 조절 가능할 수 있다. 예를 들어, 아날로그 EMS 디스플레이 디바이스의 이동 가능 반사층 및 고정형 부분적으로는 반사성이고 부분적으로는 흡수성인 층에 의해 형성된 광학 캡, 에어 캡, 또는 캐비티의 두께 또는 높이는, 디바이스에 의해 반사된 광의 파장, 및 컬러를 변화시키기 위해 변경될 수 있다.

[0077] [0093] 몇몇 EMS 디스플레이 디바이스들이 반사하는 광의 컬러는 또한, EMS 디스플레이 디바이스들의 조명각에 의존할 수 있다. 예를 들어, EMS 디스플레이 디바이스들은 직접 조명에 의해 조명될 수 있다. 직접 조명은, 소스와 EMS 디스플레이 디바이스 사이에서의 입의의 표면들에서 광을 반사시키지 않고, EMS 디스플레이 디바이스 상에 입사하는 소스로부터의 광이다.

[0078] [0094] EMS 디스플레이 디바이스들은, EMS 디스플레이 디바이스들의 흡수층 및 반사층이 디스플레이 어셈블리의 표면에 실질적으로 평행한 평면들에 위치된 채로, 디스플레이 어셈블리 내에 포함될 수 있다. 디스플레이 어셈블리에 포함된 EMS 디스플레이 디바이스에 대한 조명각은, EMS 디스플레이 디바이스의 표면에 그리고 디스플레이 어셈블리의 표면에 대해 수직하거나 또는 법선인 라인에 대한 입사광의 각도이다. 조명각이 증가할 때, EMS 디스플레이 디바이스에 의해 반사된 광이 더 짧은 파장으로 시프트될 수 있다. 이는, 청색 시프트로 알려져 있고, 반사된 광은, 발생되거나 또는 디스플레이 되도록 의도되었던 원하는 컬러로서 사용자에 의해 인식되지 않을 수 있다.

[0079] [0095] 광학 캡을 조절함으로써 연속적으로 반사된 컬러를 변화시킬 수 없는 디지털 IMOD들을 포함하는 디스플레이들에서 이러한 청색 시프트를 보상하는 것이 어려울 수 있다. 그러나, 아날로그 IMOD들을 포함하는 아날로그 EMD 디스플레이들의 경우, 광학 캡이 조절될 수 있다. 이에 따라, 조절의 양이 알려진다면, 청색 시프트는 보상될 수 있다. 후술하는 논의에서, 디스플레이 디바이스 또는 디스플레이 어셈블리는, 아날로그 IMOD 디스플레이 디바이스 또는 어셈블리로도 지칭된다.

[0080] [0096] 도 10a는, 디스플레이 어셈블리의 조명각을 예시하는 도면의 일례를 나타낸다. 도 10a에 나타낸 바와 같이, 디스플레이 어셈블리(1005)의 표면은 이 표면에 수직하는 라인(1010)을 갖는다. 직접 조명 소스가 디스플레이 어셈블리(1005)의 표면 상에 입사하는 밝은 광(1015)일 때, 조명각은 각도(1020)이다. 즉, 디스플레이 어셈블리(1005)의 경우, 광(1015)이 디스플레이 어셈블리(1005)에 수직하는 라인(1010)에 대하여 디스플레이 어셈블리(1005) 상에 입사하는 각도(1020)로서 조명각이 취해질 수 있다.

[0081] [0097] 일부 구현들에서, 직접 조명 소스는, 디스플레이 어셈블리(1005)로부터 무한의(infinite) 거리에 위치된 조명 소스가 되도록 취해질 수 있다. 예를 들어, 청명하고 구름이 없는 하늘에서의 태양은 직접 조명 소스

로서 취해질 수 있다. 조명각들의 경우, 태양이 지구의 표면 상의 지점에서 머리 위에 직접 있을 때, 예를 들어, 조명각은 0이다. 일출 및 일몰시에, 예를 들어, 지구의 표면상의 지점에 있는 조명각은 90도이다.

[0082] [0098] 조명각으로 인한 EMS 디스플레이 디바이스의 청색 시프트는:

$$[0083] \lambda'(\theta) = \lambda \cos\theta$$

[0084] [0099]로 표현될 수 있다.

[0085] [0100]  $\lambda$ 는 법선 조명(normal illumination)에서의 EMS 디스플레이 디바이스에 의해 반사된 광장(즉, 조명은 EMS 디스플레이 디바이스에 법선이고, 조명각은 0임)이고,  $\theta$ 는 조명각이고,  $\lambda'(\theta)$ 는 사용자에 의해 관찰된 청색 시프트된 반사 광장이다. 조명각  $\theta$ 이 0일 때,  $\cos\theta=1$ ; 즉, 조명각  $\theta$ 이 0일 때 어떠한 청색 시프트도 존재하지 않는다.

[0086] [0101] EMS 디스플레이 디바이스의 반사 스펙트럼(전력 대 광장)은 자신의 피크 광장  $\lambda_{peak}$ 에 의해 특징화될 수 있고; 즉, 피크는 사용자가 0의 조명각  $\theta$ 을 관찰할 수 있는 반사광의 광장이다. 조명각  $\theta$ 에 있어서의 변화들과 함께 발생할 수 있는  $\lambda_{peak}$ 에 있어서의 청색 시프트는 앞서 설명된 동일한 등식을 이용하여 계산될 수 있다. 게다가, EMS 디스플레이 디바이스 상에서의 법선 조명에 대한  $\lambda_{peak}$ 는:

$$[0087] \lambda_{peak} = m d = m (d_{die} + d_{air})$$

[00102]

[0088] 예 의해 결정될 수 있다.

[0089] [0103] 여기서,  $m$ 은 정수이고,  $d$ 는 예를 들어 EMS 디스플레이 디바이스의 이동가능 반사층과 고정형의 부분적으로는 반사성이고 부분적으로는 흡수성인 층 사이의 광학적 거리이다. 일부 경우들에서,  $d$ 는 2개의 부분들  $d_{die}$  및  $d_{air}$ 로 분해될 수 있다.  $d_{die}$ 는, 예를 들어, 이동가능 반사층 및 고정형의 부분적으로는 반사성이고 부분적으로는 흡수성인 층 상에 배치될 수 있는 유전체 층들의 두께들을 설명한다.  $d_{air}$ 는 이동가능 반사층 및 고정형의 부분적으로는 반사성이고 부분적으로는 흡수성인 층에 의해 형성된 광학 캡 또는 에어 캡의 두께이다. EMS 디스플레이 디바이스의 청색 시프트를 보상하는 광학 캡 또는 에어 캡은, 조명각  $\theta$ 의 측정을 통해서 이하와 같이 계산될 수 있다.

$$[0090] d_{air} = \frac{\lambda_{peak}}{m \cos\theta} - d_{die}$$

[0104]

[0091] [0105] 도 10b는, 직접 조명 하에서 EMS 디스플레이 디바이스의 청색 시프트를 보상하기 위한 프로세스를 예시하는 흐름도의 일례를 나타낸다. 프로세스(1050)의 블록(1055)에서, 디스플레이 어셈블리에 대한 조명각이 결정된다. 도 10a와 관련하여 앞서 설명된 바와 같이, 조명각은 디스플레이 어셈블리의 표면에 수직하거나 또는 법선인 라인에 대한 입사광의 각도이다. 일부 구현들에서, 디스플레이 어셈블리에 대한 조명각은 실시간으로 결정된다. 용어 "실시간"은 컴퓨팅 디바이스의 전자 회로와 같은 프로세스 또는 시스템을 언급하거나 또는 그와 관련될 수 있는데, 여기서 프로세스는 수행되거나 또는 시스템은 실질적으로 순간적으로 이벤트 또는 함수를 수행한다. 예를 들어, 실시간 시스템을 이용할 때, 사용자는 시스템의 성능에 있어서 어떠한 분명한 또는 인지 가능한 딜레이도 경험하지 않을 수 있다.

[0092] [0106] 일부 구현들에서, 디스플레이 어셈블리는 복수의 EMS 디스플레이 디바이스들의 로우/컬럼 어레이와 같은 EMS 디스플레이 디바이스들의 어레이를 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 디스플레이 어셈블리는 디바이스의 일부일 수 있고, 또한 디바이스의 일부인 카메라 디바이스는 조명각을 결정하기 위해 이용될 수 있는 신호를 제공할 수 있다. 예를 들어, 카메라 디바이스는 일부 스마트 폰들에 함께 포함된 전면(front-facing) 카메라일 수 있으며, 카메라 디바이스는 디스플레이 어셈블리와 실질적으로 동일한 평면에 위치되거나 또는 디스플레이 어셈블리의 평면에 실질적으로 평행한 평면에 위치된다. 일부 다른 구현들에서, 센서는 디스플레이 어셈블리와 연관될 수 있고, 센서는 조명각을 결정하기 위해 이용될 수 있는 신호를 제공할 수 있다. 센서는 또한, 디스플레이 어셈블리와 실질적으로 동일한 평면에 위치될 수 있거나 또는 디스플레이 어셈블리의 평면에 실질적으로

평행한 평면에 위치될 수 있다. 센서들의 예시들은, 도 13 및 도 14와 관련하여 이하에 추가로 설명된다.

[0093]

[0107] 블록(1060)에서, 디스플레이 어셈블리의 제 1 EMS 디스플레이 디바이스 내의 광학 캡은, 결정된 조명각에 적어도 부분적으로 기초하여 설정된다. 일부 구현들에서, 디스플레이 어셈블리의 제 1 EMS 디스플레이 디바이스 내의 광학 캡은, 결정된 조명각에 적어도 부분적으로 기초하여 실시간으로 설정된다. 예를 들어, 제 1 EMS 디스플레이 디바이스 내의 광학 캡은, 디바이스가 특정 컬러를 반사시키도록 설정되도록 명령받을 수 있다. 그러나, 조명각에 의해 야기된 청색 시프트로 인해, EMS 디스플레이 디바이스에 의해 반사된 컬러는 반사되도록 의도된 원하는 컬러는 아닐 수 있다. 예를 들어, 제 1 EMS 디스플레이 디바이스 내의 광학 캡은, EMS 디스플레이 디바이스가 적색 광을 반사시키도록 설정되도록 명령받을 수 있다. 그러나, 청색 시프트로 인해, 적색 광을 반사시키는 것 대신에, EMS 디스플레이 디바이스는, 오렌지 광을 반사시킬 수 있다. 결정된 조명각에 적어도 부분적으로 기초하여 제 1 EMS 디스플레이 디바이스 내에 광학 캡을 설정하는 것은, 조명각으로 인해 EMS 디스플레이 디바이스로부터 반사된 광의 과장에 있어서의 변화를 보상할 수 있고, EMS 디스플레이 디바이스로 하여금 원하는 특정 컬러를 반사시키도록 야기할 수 있다.

[0094]

[0108] 일부 구현들에서, 디스플레이 어셈블리의 EMS 디스플레이 디바이스들의 어레이 내의 EMS 디스플레이 디바이스들의 모든 또는 실질적으로 모든 광학 캡들은, 결정된 조명각에 적어도 부분적으로 기초하여 설정될 수 있다. 그러나, 상이한 EMS 디스플레이 디바이스들의 광학 캡들이 상이한 컬러들을 디스플레이하도록 설정될 수 있고, 상이한 EMS 디스플레이 디바이스들의 광학 캡들은 앞서 설명된 등식들에 따라 발생되는 컬러에 의존하여 조절될 수 있다는 점이 주목되어야 한다.

[0095]

[0109] 일부 구현들에서, EMS 디스플레이 디바이스들의 어레이를 포함하는 디스플레이 어셈블리는, 약 30헤르츠(Hz) 내지 240Hz의 재생 레이트(refresh rate)를 가질 수 있다. 이 재생 레이트는, 예를 들어, 디스플레이 하드웨어가 디스플레이 어셈블리 상에 디스플레이될 이미지를 그리는(draw), 일 초 내의 횟수(the number of times)이다. 높은 재생 레이트들은, 예를 들어, 모션-블러(motion-blur) 영향들이 존재하지 않은 채로, 디스플레이 어셈블리 상에서 이동하는 이미지들을 발생시키는데 있어서 유용할 수 있다. 조명각에 있어서의 변화들로 인한 EMS 디스플레이 디바이스의 광학 캡의 조절들은 재생 레이트와 동일한 레이트로 수행될 필요는 없을 수도 있지만, 이는 사용자가 디스플레이 상의 이미지를 뷰잉할 때 조명각에 있어서의 변화들이 매우 급격하지 않을 수 있기 때문이다. 예를 들어, 사용자가 디스플레이 어셈블리 상에 디스플레이된 텍스트를 판독하는 경우, 사용자가 그 텍스트를 판독할 수 있도록 사용자는 디스플레이 어셈블리를 포함하는 디바이스를 비교적 고정적으로 홀딩하고 있을 수 있다. 디스플레이 어셈블리를 포함하는 디바이스가 비교적 고정적으로 홀딩되고 있는 채로, 조명각에 있어서의 변화들은 높은 주파수에서는 발생하지 않을 수 있다. 일부 구현들에서, 블록들(1055 및 1060)에서의 동작들은 적어도 약 1Hz의 주파수에서 반복될 수 있다.

[0096]

[0110] 일부 구현들에서, EMS 디스플레이의 전면 상에 배치된 확산기에 더해, EMS 디스플레이 디바이스를 포함하는 디스플레이 어셈블리로부터 정반사성으로(specularly) 반사된 광의 방향으로부터 약 5도 내지 10도 벗나가는 사용자의 시야각은, 디스플레이 어셈블리가 직접 조명을 통해 조명될 때, 가정될 수 있다. 정반사성 반사는 표면(예를 들어, 미러)로부터의 미러-형 반사이며, 여기서 단독으로 유입하는(incoming) 방향으로부터의 광은 단독으로 유출하는(outgoing) 방향으로 반사된다. 디스플레이 어셈블리로부터 정방사성으로 반사된 광의 방향으로부터 약 5도 내지 10도 벗나가는 시야각은, 예를 들어, 디스플레이 어셈블리의 커버 글래스로부터의 정반사성 반사를 회피할 수 있고, 또한 디스플레이 어셈블리의 EMS 디스플레이 디바이스들의 양호한 컬러 포화도를 산출할 수 있다.

[0097]

[0111] 일부 다른 구현들에서, 디스플레이 디바이스로부터 정반사성으로 반사된 광의 방향으로부터 약 5도 내지 10도 벗나가는 시야각의 가정이 행해지지 않을 때, 시야각은 또한 결정될 수 있다. 그후, 디스플레이 어셈블리의 제 1 EMS 디스플레이 디바이스 내의 광학 캡이, 조명각 및 시야각 둘 중 하나에 적어도 부분적으로 기초하여, 설정될 수 있다. EMS 디스플레이 디바이스의 시야각 및 그 시야각을 결정하기 위한 프로세스들이, 도 11 및 도 12를 참조하여 아래에 추가로 설명된다.

[0098]

[0112] 일부 구현들에서, 블록들(1055 및 1060)에서의 동작들이 반복될 때, 조명각을 나타내는 신호는 조명각 내의 고주파수 변화들을 제거하기 위해 필터링될 수 있다. 예를 들어, 저주파수 신호들을 통과시키지만 컷오프 주파수보다 더 높은 주파수들을 갖는 신호들을 약화시키는 저역-통과 전자 필터가 조명각을 포함하는 신호를 필터링하기 위해 이용될 수 있다. 저역-통과 전자 필터들의 예시들은, 약 1Hz 내지 10Hz의 컷오프 주파수들을 가질 수 있는 1차 또는 2차 필터들을 포함한다. 조명각에 있어서의 이러한 고주파수 변화들은, 예를 들어, 디스플레이 어셈블리를 포함하는 디바이스를 홀딩하고 있을 때 사용자의 손의 흔들림(shaking)으로 인한 것일 수 있

고; 조명각에 있어서의 고주파수 변화들은 조명각이 일정하기 유지될 수 있기 때문에 조명각 신호로부터 제거될 수 있으며, 평균적으로는, 조명각에 있어서의 작은 고주파수 변화들에 대한 조절들을 행할 필요는 없을 수도 있다.

[0099] [0113] 일부 구현들에서, 하나 초파의 직접 조명 소스가 존재하는 경우, 조명 각도들의 가중 평균(즉, 각각의 개별적인 직접 조명 소스의 휘도에 의해 가중화됨)이 결정될 수 있다. 그후, 이 가중 평균은 디스플레이 어셈블리의 조명각으로서 이용될 수 있다. 예를 들어, 수많은 직접 조명 소스들이 존재하는 일 예시는, 밤에 스타디움 광들(stadium lights)에 의해 조명되는 축구 경기장이다.

[0100] [0114] 그러나, 광원들은, 몇몇 경우들에서 직접 조명을 제공하지 않을 수 있고, 디스플레이 어셈블리의 조명은 확산 조명에 의한 것일 수 있다. 확산 조명은, 디스플레이 어셈블리가 수많은 방향들로부터 조명되는 광(lighting)이다. 예를 들어, 방의 벽들 및 방 안의 다른 표면들을 반사시키는 조명 소스들로부터의 광을 갖는 수많은 조명 소스들을 갖는 방 안의 광은, 확산 조명으로 고려될 수 있다. 확산 조명의 다른 예시는, 태양으로부터의 어떠한 직접 광도 존재하지 않는 구름낀 날의 옥외의 광(lighting outdoor)이다. 확산 조명의 경우, 조명 각도는 결정되지 않을 수도 있다.

[0101] [0115] 일부 구현들에서, 확산 조명의 경우, 조명 각도는 결정되지 않는 대신에, 시야각은 결정된다. 도 11은, 디스플레이 어셈블리의 시야각을 예시하는 도면의 일례를 나타낸다. 도 11에 나타낸 바와 같이, 디스플레이 어셈블리(1005)의 표면은 이 표면에 수직하는 라인(1010)을 갖는다. 사용자(1105)가 경로(1115)를 따른 디스플레이 어셈블리(1005)의 표면을 뷰잉할 때, 시야각은 각도(1120)이다. 즉, 시야각은 디스플레이 어셈블리(1005)에 수직하는 라인(1010)과 사용자(1105) 사이의 각도(1120)로서 취해질 수 있다.

[0102] [0116] 확산 조명이 존재하고 디스플레이 상에 입사하는 경우, 사용자(1105)가 디스플레이 어셈블리(1005)와 갖는 시야각(1120)은 직접 조명을 갖는 조명 각도와 유사한 효과를 가질 수 있다. 예를 들어, 일부 EMS 디스플레이 디바이스들이 반사하는 광의 컬러는 시야각에 의존할 수 있다. 시야각이 증가하는 경우, 반사된 광은 더 짧은 파장으로 시프트될 수 있다. 이는 또한 청색 시프트로 알려져 있으며, 반사된 광은 반사되도록 의도된 원하는 컬러가 아닐 수 있다. 시야각으로 인한 EMS 디스플레이 디바이스의 청색 시프트는 앞서 논의된 동일한 등식들을 통해 표현될 수 있고, 여기서 θ는 조명각 대신에 시야각이다.

[0103] [0117] 도 12는, 확산 조명 하에서 EMS 디스플레이 디바이스의 청색 시프트를 보상하기 위한 프로세스를 예시하는 흐름도의 일례를 나타낸다. 프로세스(1200)의 블록(1205)에서, 디스플레이 어셈블리에 대한 시야각이 결정된다. 도 11을 참조하여 앞서 설명된 바와 같이, 시야각은, 디스플레이 어셈블리의 표면에 대하여 수직하거나 또는 법선인 라인과, 디스플레이 어셈블리의 표면과 사용자의 안구들 사이의 경로를 정의하는 라인 사이의 각도로서 취해질 수 있다. 일부 구현들에서, 디스플레이 어셈블리에 대한 시야각은 실시간으로 결정된다. 일부 구현들에서, 디스플레이 어셈블리는 EMS 디스플레이 디바이스들의 어레이를 포함할 수 있다.

[0104] [0118] 예를 들어, 일부 구현들에서, 디스플레이 어셈블리는 디바이스의 일부일 수 있고, 디바이스의 또한 일부인 카메라 디바이스는 조명각을 결정하기 위해 이용될 수 있는 신호를 제공할 수 있다. 예를 들어, 카메라 디바이스는, 몇몇 스마트 폰들에 포함된 전면 카메라일 수 있고, 여기서 카메라 디바이스는 디스플레이 어셈블리와 실질적으로 동일한 평면에 위치되거나 또는 디스플레이 어셈블리의 평면에 실질적으로 평행한 평면에 위치된다. 카메라 디바이스는, 사용자의 얼굴의 이미지들을 캡처할 수 있고, 사용자의 안구들과 같은, 그 이미지들 내의 이미지 피쳐들을 이용하여, 시야각이 결정될 수 있다. 예를 들어, 인용에 의해 본원에 포함된, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer의 208-211페이지("Meyer")의 Volume 4021에서 "A single-camera remote eye tracker, Perception and Interactive Technologies"로 Meyer, A., Bohme, M., Martinetz, T., 및 Barth, E. (2006)에 의해 원격의 안구 추적을 위해 단일 카메라를 이용하는, Meyer, A., Bohme 등에 의해 기록된 방법을 참조한다.

[0105] [0119] Meyer에서 설명된 바와 같이, "원격의" 안구-추적 시스템들은 어떠한 장비도 뷰어에게 탑재되도록 요구하지 않는다. Meyer에 설명된 단일-카메라 시스템의 일례는 단일 카메라, 카메라의 양 측에 탑재된 2개의 적외 광원들, 및 광원들과 카메라 위에 위치된 디스플레이를 포함한다. 이 예시에서, 카메라는  $1280 \times 1024$  픽셀들의 해상도를 갖고, 광원들은 얼굴을 조명하고 그리고 사용자의 각막의 표면 상에서 각막 반사(corneal reflex)들을 발생시키도록 구성된 적외선 LED들이다.

[0106] [0120] Meyer의 시스템은, 2개의 메인 컴포넌트들을 포함하는 안구 추적 소프트웨어를 포함한다. 제 1 컴포넌트는, 이미지로부터 동공 위치들 및 각막 반사들을 결정하는데 이용되는 이미지 프로세싱 알고리즘들을 갖는다.

제 2 컴포넌트는, 사용자가 보고있거나 또는 "응시하고(fixating)" 있는 디스플레이의 부분을 추정하는 시선 추정 알고리즘(gaze estimation algorithm)이다.

- [0107] [0121] 제 1 소프트웨어 컴포넌트는, 본원에 인용에 의해 포함된, Li,D., Winfield,D., Parkhurst,D.J.에 의한 "Starburst: A hybrid algorithm for video-based eye tracking combining feature-based and model-based approaches" (Proceedings of the IEEE Vision for Human-Computer Interaction Workshop at CVPR (2005), pp. 1-8.)에 설명된 Starburst 알고리즘에 기초할 수 있다. 이 알고리즘의 오픈 소스 구현은, "openEyes"의 명칭 하에서 이용가능하다. 제 1 소프트웨어 컴포넌트는, DoG(difference of Gaussian)를 적용시키고 그리고 최대치들을 검색함으로써 각막 반사들의 위치들을 결정할 수 있다. 대략적인 동공 중심은, 각막 반사들의 부근에서 가장 어두운 픽셀이 되는 것으로 결정될 수 있다. 1차 윤곽선 포인트들은, 동공의 중심으로부터 나오는 레이(ray)들 상에서 식별될 수 있다. 2차 윤곽선 포인트들은, 1차 윤곽선 포인트들로부터 나오는 2차 레이들 상에서 식별될 수 있다. 타원이 1차 및 2차 윤곽선 포인트들에 대해 고정될 수 있다.
- [0108] [0122] Meyer에서 설명된 예시에서, 제 2 소프트웨어 컴포넌트(시선 추정 알고리즘)는 안구의 물리적 모델에 기초한다. 이 모델은, 각막의 표면, 동공 중심 및 시선의 방향과 안구의 광학축 사이의 각도 오프셋을 근사화 할 수 있다.
- [0109] [0123] 각막의 표면은, 곡률 CC의 중심 및  $r_{cornea}$ 의 곡률 반경을 갖는 구면(spherical surface)으로서 모델링될 수 있다. 각막 표면은, 각막 반사들이 각막 표면에 있는 적외 LED들의 반사에 의해 발생되기 때문에 그리고 각막을 통해서 관찰되는 동공의 이미지가 각막 표면에서의 굴절에 의해 왜곡될 수 있기 때문에, 안구 추적을 위해서는 중요하다.
- [0110] [0124] 이 모델에서, 동공은 완벽하게 원이 되는 것으로 가정된다. 동공 중심 PC는, 각막 곡률 CC의 중심으로부터 거리  $r_{pc}$ 에 있는 것으로 가정된다.
- [0111] [0125] 안구의 광학축과 시선의 방향 사이의 각도 오프셋은  $\alpha_{fovea}$ 로 지칭된다. 이 오프셋은, (망막의 황반 영역의 중심에 위치된) 중심화(fovea centralis)가 광학축 상에는 놓이지 않지만 일시적으로 약간 상향하여 오프셋된다는 사실에 의해 야기된다.
- [0112] [0126] 카메라에 대한 안구의 포지션 및 배향을 가정하면, 안구 모델은, 카메라 이미지 내의 어디에서 동공 및 각막 반사들이 관찰되어야만 하는지 예측할 수 있다. 대안적으로, 시선의 방향은 동공 및 각막 반사 포지션으로부터 결정될 수 있다. 특정한 사용자에 대한 모델 파라미터들의 값들은, 일련의 캘리브레이션 포인트들을 정착시키도록 사용자를 촉진시킴으로써 그리고 관찰들을 가장 잘 설명하는 파라미터 값들의 세트를 찾음으로써 결정될 수 있다.
- [0113] [0127] 대안적으로, 시야각은 측정되지 않을 수 있지만, 예를 들어, 행동적 연구들에 기초하여 가정될 수 있다. 다양한 시야각들은, 저장될 수 있고, 그리고 일부 사용 모델 정보에 기초하여 (예를 들어, IMOD들의 광학 캡을 조절함으로써) 디스플레이를 조절하는데 이용될 수 있다. 예를 들어, 디스플레이 디바이스 사용자들의 연구들에 기초하여, 직접 조명에서, 사람들은 종종 특정 배향으로 디스플레이를 훌딩하고, 이러한 이유로 시야각은 직접 조명에서 제 1 값이 되는 것으로 가정될 수 있는 것으로 알려져 있을 수 있다. 유사하게, 연구들은, 간접 조명 또는 확산 조명에서, 사람들은 종종 상이한 배향으로 디스플레이를 훌딩하고, 이러한 이유로 시야각은 간접 또는 확산 조명 환경들에서 제 2 값이 되는 것으로 가정될 수 있다고 나타낼 수 있다. 제 1 시야각 값 및 제 2 시야각 값은 상이한 값들일 수 있다. 이를 직접적으로 또는 간접적으로 측정하지 않고 시야각을 결정하기 위해 다른 변수들이 이용될 수 있다.
- [0114] [0128] 블록(1210)에서, 디스플레이 어셈블리의 제 1 EMS 디스플레이 디바이스 내의 광학 캡은, 시야각에 적어도 부분적으로 기초하여 설정된다. 일부 구현들에서, 디스플레이 어셈블리의 제 1 EMS 디스플레이 디바이스 내의 광학 캡은, 시야각에 적어도 부분적으로 기초하여 실시간으로 설정된다. 예를 들어, 제 1 EMS 디스플레이 디바이스 내의 광학 캡은, 이 디바이스가 특정 컬러를 반사시키도록 설정되는 것을 명령받을 수 있다. 시야각에 의해 야기되는 청색 시프트로 인해, 그러나, EMS 디스플레이 디바이스에 의해 반사된 컬러는, 반사되도록 의도된 원하는 컬러가 아닐 수 있다. 시야각에 적어도 부분적으로 기초하여 제 1 EMS 디스플레이 디바이스 내에 광학 캡을 설정하는 것은, 시야각으로 인해 EMS 디스플레이 디바이스로부터 반사된 광의 파장에 있어서의 변화들을 보상할 수 있다. 일부 구현들에서, 디스플레이 어셈블리의 EMS 디스플레이 디바이스들의 어레이 내의 EMS 디스플레이 디바이스들의 광학 캡들 전부 또는 실질적으로 전부는, 시야각에 적어도 부분적으로 기초하여 설정

될 수 있다.

[0115] [0129] 도 10과 관련하여 앞서 설명된 조명각 구현들과 유사하게, 일부 구현들에서, EMS 디스플레이 디바이스들의 어레이를 포함하는 디스플레이 어셈블리는, 약 30헤르츠(Hz) 내지 240Hz의 재생 레이트를 가질 수 있다. EMS 디스플레이 디바이스의 광학 캡의 조절들은, 재생 레이트와 동일한 레이트에서 수행될 필요는 없을 수 있지만, 이는 사용자가 디스플레이 상의 이미지를 뷰잉할 때의 시야각에 있어서의 변화들이 매우 급격하지 않을 수 있기 때문이다. 일부 구현들에서, 블록들(1205 및 1210)에서의 동작들은 적어도 약 1Hz의 주파수에서 반복될 수 있다.

[0116] [0130] 다시, 도 10과 관련하여 앞서 설명된 조명각 구현들과 유사하게, 일부 구현들에서, 블록들(1205 및 1210)에서의 동작들이 반복될 때, 시야각을 나타내는 신호는 시야각에 있어서의 고주파수 변화들을 제거하기 위해 필터링될 수 있다. 예를 들어, 저주파수 신호들을 통과시키지만 컷오프 주파수보다 더 높은 주파수들을 갖는 신호들을 약화시키는 저역통과 전자 필터는 시야각을 포함하는 신호를 필터링하도록 이용될 수 있다. 이러한 저역통과 전자 필터들은, 약 1Hz 내지 10Hz의 컷오프 주파수들을 가질 수 있는 1차 또는 2차 필터들을 포함한다.

[0117] [0131] 일부 구현들에서, 조명각 및 시야각 중 하나 또는 둘 다가 결정될 수 있다. 게다가, 도 10과 관련하여 앞서 언급된 바와 같이, 일부 구현들에서, 디스플레이 어셈블리가 직접 조명을 통해 조명될 때, 시야각에 대한 값들의 추정이 행해지지 않을 수 있고 시야각은 결정될 수 있다. 일부 구현들에서, 센서로부터의 신호는 조명각을 결정하는데 이용될 수 있고, 카메라 디바이스로부터의 신호는 시야각을 결정하기 위해 이용될 수 있다. 일부 다른 구현들에서, 단일 카메라 디바이스로부터의 신호들은 조명각 및 시야각 둘 다를 결정하는데 이용될 수 있다. 디스플레이 어셈블리의 제 1 EMS 디스플레이 디바이스 내의 광학 캡은, 조명각 및 시야각 둘 다에 적어도 부분적으로 기초하여 설정될 수 있다. 일부 구현들에서, 직접 조명이 확산 조명보다 약 4배 내지 10배 더 밝을 때, 확산 조명은 직접 조명의 휙도로 인한 것으로 고려되지 않을 수 있으며, 직접 조명은 디스플레이 어셈블리에 대한 조명의 메인 소스이다.

[0118] [0132] 일부 구현들에서, 도 10 및 도 12와 관련하여 설명된 프로세스들, 및 그 조합들은, 인터럽트 기반 시스템을 통해 구현될 수 있다. 예를 들어, 도 10b의 프로세스(1050)를 통해, 조명각이 모니터링될 수 있다. 조명각이 실질적으로 일정할 때, 청색 시프트를 보상하기 위해 EMS 디스플레이 디바이스를 내의 광학 캡들을 조절하기 위한 어떠한 새로운 계산들도 수행되지 않을 수 있다. 그러나, 조명각이 특정량만큼 변화할 때, 청색 시프트를 보상하기 위해 EMS 디스플레이 디바이스를 내의 광학 캡들을 조절하기 위한 새로운 계산들이 수행될 수 있다. 유사하게, 도 12의 프로세스(1200)를 통해, 시야각이 모니터링될 수 있다. 시야각이 실질적으로 일정할 때, 청색 시프트를 보상하기 위해 EMS 디스플레이 디바이스를 내의 광학 캡들을 조절하기 위한 어떠한 새로운 계산들도 수행되지 않을 수 있다. 그러나, 시야각이 특정량만큼 변화할 때, 청색 시프트를 보상하기 위해 EMS 디스플레이 디바이스를 내의 광학 캡들을 조절하기 위한 새로운 계산들이 수행될 수 있다.

[0119] [0133] 도 13은, 디스플레이 어셈블리 및 조명각을 측정하도록 구성된 센서를 포함하는 장치의 블록도의 일례를 나타낸다. 도 13에 나타낸 장치(1300)는, 디스플레이 어셈블리(1302), 센서(1304), 프로세서(1306) 및 카메라 디바이스(1308)를 포함한다. 장치(1300)는, 예를 들어, 스마트 폰, 셀룰러 또는 모바일 전화기, e-북, 또는 태블릿 컴퓨터일 수 있다. 디스플레이 어셈블리(1302)는 EMS 디스플레이 디바이스의 어레이를 포함할 수 있다.

[0120] [0134] 일부 구현들에서, 센서(1304)는 렌즈 및 복수의 광센서들을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 복수의 광센서들은  $2 \times 2$  어레이 포맷으로 배열된 적어도 4개의 광센서들을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 복수의 광센서들은 광센서들의 어레이로서 배열될 수 있으며, 여기서 광센서들의 어레이는 CCD(charge-coupled device) 어레이 또는 CMOS(complementary metal-oxide-semiconductor) 어레이를 포함한다. 센서의 일 구현의 일 예시는, 도 14a 및 도 14b와 관련하여 설명된다.

[0121] [0135] 센서(1304)는, 직접 조명이 존재할 때, 디스플레이 어셈블리(1302)에 수직하는 라인에 대한 조명각을 결정하는데 이용될 수 있는 신호를 제공할 수 있다. 일부 구현들에서, 센서(1304)는, 디스플레이 어셈블리(1302)와 실질적으로 동일한 평면에 위치될 수 있거나 또는 디스플레이 어셈블리(1302)의 평면에 실질적으로 평행한 평면에 위치될 수 있다.

[0122] [0136] 일부 구현들에서, 프로세서(1306)는, 디스플레이 어셈블리(1302) 및 센서(1304)와 통신하도록 구성된다. 프로세서(1306)는, 조명각을 나타내는, 센서(1304)로부터의 신호를 수신하도록 구성될 수 있다. 프로세서(1306)는, 신호에 의해 표시된 디스플레이 어셈블리에 수직하는 라인에 대한 조명각을 결정하도록 구성될

수 있다. 결정된 조명각을 이용하여, 프로세서(1306)는, 디스플레이 어셈블리(1302)의 EMS 디스플레이 디바이스로부터 반사된 광의 파장에 있어서의 결과로 초래되는 변화 및 조명각을 보상하기 위해 이미지 데이터를 프로세싱하도록 구성될 수 있다. 즉, 프로세서(1306)는, 도 10b와 관련하여 설명된 프로세스(1050)와 유사한 프로세스를 수행하도록 구성될 수 있다. 일부 구현들에서, 프로세서(1306)는, 도 15a 및 도 15b와 관련하여 이하 설명되는 바와 같이, 프로세서(21)가 수행할 수 있는 동작들과 같은 추가적인 동작들을 수행하도록 구성될 수 있다. 일부 다른 구현들에서, 도 15a 및 도 15b와 관련하여 이하 설명되는 디스플레이 디바이스(40)는 센서(1304) 및 카메라 디바이스를 포함할 수 있고, 본원에 설명된 프로세스들을 수행하도록 구성될 수 있다. 일부 구현들에서, 장치(1300)는, 낮은-헤이즈 확산기(예를 들어, 디스플레이 어셈블리(1302) 위에 놓이는 약 50% 내지 70%)를 포함할 수 있다.

[0123] 일부 구현들에서, 장치(1300)는 또한, 디스플레이 어셈블리(1302) 및 센서(1304)와 장치(1300)의 동일한 면(face) 상에 카메라 디바이스(1308)를 포함할 수 있다. 카메라 디바이스(1308)는, 몇몇 스마트 폰들에 포함된 전면 카메라의 유형일 수 있으며, 예를 들어, 카메라 디바이스(1308)는 디스플레이 어셈블리(1302)와 실질적으로 동일한 평면에 위치되거나 또는 디스플레이 어셈블리(1302)의 평면에 실질적으로 평행한 평면에 위치된다. 일부 구현들에서, 카메라 디바이스(1308)는, 디스플레이 어셈블리에 수직하는 라인에 대한 시야각을 결정하기 위해 이용될 수 있는 신호를 제공하도록 구성될 수 있다. 프로세서(1306)는, 시야각으로 인해 디스플레이 어셈블리(1302)의 제 1 전기기계 시스템 디스플레이 디바이스로부터 반사된 광의 파장에 있어서의 결과로 초래되는 변화 및 시야각을 보상하기 위해 이미지 데이터를 프로세싱하도록 더 구성될 수 있다.

[0124] 일부 다른 구현들에서, 조명각을 결정하기 위해 센서(1304)를 이용하는 것 대신에, 카메라 디바이스(1308)가 이용될 수 있다. 그러나, 일부 구현들에서, 센서(1304)는 카메라 디바이스보다 전력을 덜 이용할 수 있다.

[0125] 도 14a 및 도 14b는, 조명각을 측정하도록 구성된 센서의 개략적인 도면들의 예시들을 나타낸다. 도 14a는 센서(1400)의 측면뷰를 나타내고, 도 14b는 센서(1400)의 일부인 광센서 어레이(1405)의 정면(face)을 나타낸다. 도 14a에 나타낸 바와 같이, 센서(1400)는 광센서 어레이(1405) 및 렌즈(1410)를 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 광센서 어레이(1405)는 렌즈(1410)의 촛점(focal point)에 있게 되도록 포지셔닝될 수 있다.

[0126] 광센서 어레이(1405)는 복수의 광센서들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 14에 나타낸 광센서 어레이(1405)는 4개의 광센서들을 포함하고, 이들 각각은 예시된(x,y) 평면의 사분면을 점유하며: 이에 따라, 광센서 어레이(1405)는 "쿼드(quad)" 광센서로도 불릴 수 있다. 예를 들어, 광센서 어레이(1405)는, 3mm×3mm의 액티브 영역을 갖는, Hamamatsu에 의해 만들어진 S4349 사분면 Si PIN 포토다이오드를 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 더 낮은 전력 소모 및 더 낮은 비용을 갖는 더 작은 액티브 센서 면적의 쿼드 Si 포토다이오드가 바람직하다. 일부 다른 구현들에서, 광센서 어레이(1405)는 적어도 약 4개의 광센서들, 또는 약 9(예를 들어, 3×3 어레이)개 내지 약 100(예를 들어, 10×10 어레이)개의 광센서들을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 센서(1400)의 광센서 어레이(1405)는, CCD 어레이 또는 CMOS 어레이를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상업적 기성 제품(off-the-shelf)의 저비용 QVGA 해상도 COMS 이미저가 이 응용에 대해 충분할 것이다. 전력 소모를 감소시키기 위해, 이러한 이미저는 1Hz에서 동작될 수 있다. 일부 구현들에서, 센서(1400)는 도 13에 나타낸 디바이스(1300)의 센서(1304)로서 이용될 수 있다.

[0127] 일부 구현들에서, 렌즈(1410)는 단일 엘리먼트를 포함하는 렌즈일 수 있다. 일부 구현들에서, 렌즈(1410)의 직경은 약 0.5밀리미터(mm) 내지 2mm, 또는 약 1mm일 수 있다. 렌즈(1410)의 촛점 길이(1415)는, 약 0.5mm 내지 3mm, 또는 약 1.5mm 내지 2mm일 수 있다. 일부 구현들에서, 광센서 어레이(1405)는 약 1mm×1mm 내지 약 4mm×4mm의 치수들을 가질 수 있다. 약 0.5mm의 직경 및 약 0.5mm 내지 2mm의 촛점 길이를 갖는 렌즈(1410)와 조합된 이러한 광센서 어레이(1405)는, 약 ±45도의 조명각을 결정할 수 있다. 일부 구현들에서, 더 큰 조명각들은, 더 짧은 촛점 길이(1415)(예를 들어, 약 0.5mm 내지 2mm보다 더 짧은 촛점 길이) 또는 더 큰 광센서 어레이(1405)(예를 들어, 약 4mm×4mm보다 더 큰 광센서 어레이)를 갖는 렌즈(1410)를 포함하는 센서(1400)를 통해 결정될 수 있다.

[0128] 센서(1400)가 동작될 때, 렌즈(1410)는 광센서 어레이(1405) 상의 촛점(1425)에서 θ의 조명각(1420)을 갖는 광을 포커싱한다. 광센서 어레이(1405) 상에 입사하는 광은, 전류를 발생시킬 수 있다. 이 전류로부터, 광센서 어레이(1405) 상의 광의 촛점(1425)의 포지션의 x, y 좌표들이 결정될 수 있다. 예를 들어, 광센서 어레이(1405) 상의 광의 촛점(1425)의 포지션의 x,y 좌표들이, 광센서 어레이(1405)와 연관된 툭업 테이블을 이용하여, 전류에 기초하여 결정될 수 있다. 렌즈(1410)의 촛점 길이(1415)(f) 및 광센서 어레이(1405) 상의 광

의 총점(1425)의 포지션의 x,y 좌표들을 이용하여, 조명각(1420)은:

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{f} \right)$$

[0129]

에 의해 결정될 수 있다.

[0131]

[0143] 다수의 직접 조명 소스들이 존재할 때, 다수의 광 스폿들이 광센서 어레이(1405) 상에 형성될 수 있다. 광센서 어레이(1405)는, 각각의 광 스폿의 x,y 좌표들뿐만 아니라 각각의 광 스폿의 세기를 측정할 수 있다. 측정된 스폿 강도는, 조명 소스의 휘도(I)에 비례한다. 평균 조명각은 가중 평균을 통해 계산될 수 있다.

$$\bar{\theta} = \frac{1}{\sum_i I_i} \sum_i I_i \theta_i$$

[0132]

[0144] 일부 구현들에서, 센서(1400)는 약 0.01도, 약 0.1도, 또는 약 1도의 해상도를 가질 수 있다. 일부 구현들에서, 약 1도의 해상도를 갖는 센서(1400)는 조명각 결정에 적합할 수 있다. 이러한 비교적 낮은 해상도의 센서(예를 들어, 약 1도의 해상도)는 덜 비싼 광센서 어레이 및/또는 렌즈의 이용을 허용할 수 있다.

[0134]

[0145] 도 15a 및 도 15b는, 복수의 간접계 변조기들을 포함하는 디스플레이 디바이스(40)를 예시하는 시스템 블록도들의 예시들을 나타낸다. 디스플레이 디바이스(40)는, 예를 들어, 스마트폰, 셀룰러 또는 모바일 전화일 수 있다. 그러나, 디스플레이 디바이스(40)의 동일한 컴포넌트들 또는 이들의 약간의 변형들이 또한 텔레비전들, 태블릿들, e-리더기들, 핸드-헬드 디바이스들 및 휴대용 미디어 플레이어들과 같은 다양한 타입들의 디스플레이 디바이스들을 예시한다.

[0135]

[0146] 디스플레이 디바이스(40)는, 하우징(41), 디스플레이(30), 안테나(43), 스피커(45), 입력 디바이스(48), 마이크로폰(46), 센서(1304) 및 카메라 디바이스(1308)를 포함한다. 하우징(41)은, 사출 성형 및 진공 성형을 포함하는 다양한 제조 프로세스들 중 임의의 프로세스로부터 형성될 수 있다. 추가로, 하우징(41)은 플라스틱, 금속, 유리, 고무 및 세라믹, 또는 이들의 조합을 포함하는 (그러나, 이들에 제한되지 않음) 다양한 재료들 중 임의의 재료로 만들어질 수 있다. 하우징(41)은 상이한 색의 다른 제거가능한 부분들과 상호교환될 수 있거나, 또는 상이한 로고들, 그림들 또는 심볼들을 포함하는 제거가능한 부분들(도시안됨)을 포함할 수 있다.

[0136]

[0147] 디스플레이(30)는, 본원에 설명된 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. 더욱이, 본원에 설명된 바와 같이, 디스플레이(30)는 간접계 변조기 디스플레이를 포함할 수 있다.

[0137]

[0148] 디스플레이 디바이스(40)의 컴포넌트들은 도 15b에 개략적으로 예시된다. 디스플레이 디바이스(40)는 하우징(41)을 포함하고, 그 안에 적어도 부분적으로 인클로저드(enclosed) 추가 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 디스플레이 디바이스(40)는 트랜시버(47)에 커플링된 안테나(43)를 포함하는 네트워크 인터페이스(27)를 포함한다. 트랜시버(47)는 컨디셔닝 하드웨어(52)에 연결되는 프로세서(21)에 연결된다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 신호를 컨디셔닝(예를 들어, 신호를 필터링)하도록 구성될 수 있다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 스피커(45) 및 마이크로폰(46)에 연결된다. 프로세서(21)는 또한 입력 디바이스(48) 및 드라이버 컨트롤러(29)에 연결된다. 드라이버 컨트롤러(29)는 프레임 버퍼(28)에, 그리고 어레이 드라이버(22)에 커플링되며, 어레이 드라이버(22)는 차례로 디스플레이 어레이(30)에 커플링된다. 일부 구현들에서, 전원(50)은 특정 디스플레이 디바이스(40) 설계에서 실질적으로 모든 컴포넌트들에 전력을 제공할 수 있다.

[0138]

[0149] 이 예시에서, 디스플레이 디바이스(40)는, 도 13과 관련하여 앞서 설명된 것들과 유사할 수 있는 센서(1304) 및 카메라 디바이스(1308)를 포함한다. 프로세서(21)는, 센서(1304) 및 카메라 디바이스(1308)와 통신하기 위해 구성될 수 있다. 일부 구현들에서, 프로세서(21)는, 앞서 설명된 바와 같이, 조명각 및/또는 시야각을 결정하기 위해 구성될 수 있다. 프로세서(21)는 센서(1304) 및/또는 카메라 디바이스(1308)로부터의 입력에 기초하여 이러한 결정들을 행할 수 있다. 일부 구현들에서, 프로세서(21)는 결정된 조명각 및/또는 결정된 시야각을 보상하기 위해 디스플레이(30)를 제어하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 프로세서(21)는 결정된 조명

각 및/또는 결정된 시야각을 보상하기 위해 디스플레이(30)의 하나 또는 그 초과의 IMOD들의 흡수체 스택과 반사체 스택 사이의 갭을 변경하기 위해 구성될 수 있다.

[0139] [0150] 네트워크 인터페이스(27)는 안테나(43) 및 트랜시버(47)를 포함하고, 따라서 디스플레이 디바이스(40)가 네트워크를 통해 하나 또는 그 초과의 디바이스들과 통신할 수 있다. 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 전송 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 이들의 추가 구현들을 포함하는 IEEE 802.11 표준에 따라 RF 신호들을 전송 및 수신한다. 일부 다른 구현들에서, 안테나(43)는 블루투스 표준에 따라 RF 신호들을 전송 및 수신한다. 셀룰러 전화의 경우, 안테나(43)는 코드 분할 다중 액세스(CDMA), 주파수 분할 다중 액세스(FDMA), 시분할 다중 액세스(TDMA), 모바일 통신들을 위한 글로벌 시스템(GSM), GSM/범용 패킷 라디오 서비스(GPRS), 향상된 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+), 통 텁 에별루션(LTE), AMPS, 또는 3G 또는 4G 기술을 사용하는 시스템과 같은 무선 네트워크 내에서 통신하기 위해 사용되는 다른 공지된 신호들을 수신하도록 설계된다. 트랜시버(47)는 안테나(43)로부터 수신되는 신호들을 사전-프로세싱할 수 있고, 따라서, 신호들은 프로세서(21)에 의해 수신되어 추가로 조작될 수 있다. 트랜시버(47)는 또한 프로세서(21)로부터 수신되는 신호들을 프로세싱할 수 있고, 따라서, 신호들은 디스플레이 디바이스(40)로부터 안테나(43)를 통해 전송될 수 있다.

[0140] [0151] 일부 구현들에서, 트랜시버(47)는 수신기에 의해 대체될 수 있다. 더욱이, 일부 구현들에서, 네트워크 인터페이스(27)는, 프로세서(21)에 송신될 이미지 데이터를 저장하거나 생성할 수 있는, 이미지 소스에 의해 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, 데이터를 미가공(raw) 이미지 데이터로 또는 미가공 이미지 데이터로 용이하게 프로세싱될 포맷으로 프로세싱한다. 프로세서(21)는 프로세싱된 데이터를 드라이버 컨트롤러(29)에 또는 저장을 위해 프레임 버퍼(28)에 송신할 수 있다. 미가공 데이터는 통상적으로, 이미지 내의 각각의 위치에서의 이미지 특징들을 식별하는 정보를 지칭한다. 예를 들어, 이러한 이미지 특징들은, 색상(color), 포화(saturation) 및 그레이-스케일(gray-scale) 레벨을 포함할 수 있다.

[0141] [0152] 프로세서(21)는 디스플레이 디바이스(40)의 동작을 제어하기 위하여 마이크로컨트롤러, CPU, 또는 논리 유닛을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 프로세서(21)는, 본원에 설명된 방법들, 예를 들어, 방법(1050) 및/또는 방법(1200) 중 적어도 일부를 수행하도록 구성될 수 있다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 스파커(45)에 신호들을 전송하기 위한, 그리고 마이크로폰(46)으로부터 신호들을 수신하기 위한 증폭기들 및 필터들을 포함할 수 있다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 디스플레이 디바이스(40) 내의 이산 컴포넌트들일 수 있거나, 또는 프로세서(21) 또는 다른 컴포넌트들 내에 통합될 수 있다.

[0142] [0153] 드라이버 컨트롤러(29)는 직접 프로세서(21)로부터 또는 프레임 버퍼(28)로부터 프로세서(21)에 의해 생성된 미가공 이미지 데이터를 취할 수 있고, 어레이 드라이버(22)로의 고속 전송을 위해 미가공 이미지 데이터를 적절하게 재포맷팅할 수 있다. 일부 구현들에서, 드라이버 컨트롤러(29)는 미가공 이미지 데이터를 래스터-형 포맷을 가지는 데이터 흐름으로 재포맷팅할 수 있고, 따라서, 이는 디스플레이 어레이(30)에 걸쳐 스캐닝하기에 적절한 시간 순서를 가진다. 이후, 드라이버 컨트롤러(29)는 포맷팅된 정보를 어레이 드라이버(22)로 송신한다. 비록 LCD 컨트롤러와 같은 드라이버 컨트롤러(29)가 종종 독립형 접적 회로(IC)로서 시스템 프로세서(21)와 연관될지라도, 이러한 컨트롤러들은 다수의 방식들로 구현될 수 있다. 예를 들어, 컨트롤러들은 하드웨어로서 프로세서(21)에 내장되고, 소프트웨어로서 프로세서(21)에 내장되거나, 또는 어레이 드라이버(22)와 함께 하드웨어로 완전히 통합될 수 있다.

[0143] [0154] 일부 구현들에서, 드라이버 컨트롤러(29)는, 결정된 조명각 및/또는 결정된 시야각을 보상하기 위해 디스플레이(30)를 제어하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 프로세서(21)는, 조명각 및/또는 시야각을 결정할 수 있고, 대응하는 데이터를 드라이버 컨트롤러(29)에 제공할 수 있다. 드라이버 컨트롤러(29) 또는 프로세서는, 결정된 조명각 및/또는 결정된 시야각을 보상하기 위해 디스플레이(30)의 하나 또는 그 초과의 IMOD들의 흡수체 스택과 반사체 스택 사이의 갭 높이를 변경시키도록 구성될 수 있다. 드라이버 컨트롤러(29) 또는 프로세서는, IMOD가 구동될 전압을 변경시킴으로써 갭 높이를 변경할 수 있다.

- [0144] [0155] 어레이 드라이버(22)는 포맷팅된 정보를 드라이버 컨트롤러(29)로부터 수신할 수 있고, 디스플레이의 x-y 픽셀들의 행렬로부터 오는 수백 개들, 및 가끔은 수천 개들(또는 그 초과)의 리드(lead)들에 초당 여러 번 인가되는 과정들의 병렬 세트로 비디오 데이터를 재포맷팅할 수 있다.
- [0145] [0156] 일부 구현들에서, 드라이버 컨트롤러(29), 어레이 드라이버(22) 및 디스플레이 어레이(30)는 여기에서 설명된 디스플레이들의 타입들 중 임의의 타입에 대해 적합하다. 예를 들어, 드라이버 컨트롤러(29)는 종래의 디스플레이 컨트롤러 또는 쌍안정 디스플레이 컨트롤러(예를 들어, IMOD 컨트롤러)일 수 있다. 부가적으로, 어레이 드라이버(22)는 종래의 드라이버 또는 쌍안정 디스플레이 드라이버(예를 들어, IMOD 디스플레이 드라이버)일 수 있다. 또한, 디스플레이 어레이(30)는 종래의 디스플레이 어레이 또는 쌍안정 디스플레이 어레이(예를 들어, IMOD들의 어레이를 포함하는 디스플레이)일 수 있다. 일부 구현들에서, 드라이버 컨트롤러(29)는 어레이 드라이버(22)와 통합될 수 있다. 이러한 구현은 고집적 시스템들, 예를 들어, 모바일 폰들, 휴대용-전자 디바이스들, 시계들 또는 작은-영역 디스플레이들에서 유용할 수 있다.
- [0146] [0157] 일부 구현들에서, 입력 디바이스(48)는 예를 들어, 사용자로 하여금 디스플레이 디바이스(40)의 동작을 제어하게 하도록 구성될 수 있다. 입력 디바이스(48)는, 키패드, 예를 들어 QWERTY 키보드 또는 전화 키패드, 버튼, 스위치, 락커, 터치-감지 스크린, 디스플레이 어레이(30)가 통합된 터치-감지 스크린 또는 압력- 또는 열-감지막을 포함할 수 있다. 마이크로폰(46)은 디스플레이 디바이스(40)에 대한 입력 디바이스로서 구성될 수 있다. 일부 구현들에서, 마이크로폰(46)을 통한 음성 커맨드들이 디스플레이 디바이스(40)의 동작들을 제어하기 위해 사용될 수 있다.
- [0147] [0158] 전원(50)은 다양한 에너지 저장 디바이스들을 포함할 수 있다. 예를 들면, 전원(50)은 니켈-카드뮴 배터리 또는 리튬-이온 배터리와 같은 재충전가능한 배터리일 수 있다. 재충전가능한 배터리를 사용하는 구현들에서, 재충전가능한 배터리는, 예를 들면, 벽 소켓 또는 광전지(photovoltaic) 디바이스 또는 어레이로부터 나오는 전력을 사용하여 충전가능할 수 있다. 대안적으로, 재충전가능한 배터리는 무선으로 충전가능할 수 있다. 전원(50)은 또한, 재생 에너지원, 커패시터, 또는 플라스틱 태양 전지 또는 태양 전지 페인트를 포함하는 태양 전지일 수 있다. 전원(50)은 또한 벽 콘센트로부터 전력을 수신하도록 구성될 수 있다.
- [0148] [0159] 일부 구현들에서, 제어 프로그램가능성(control programmability)이 전자 디스플레이 시스템 내의 몇몇 장소들에 위치될 수 있는 드라이버 컨트롤러(29)에 상주한다. 일부 다른 구현들에서, 제어 프로그램가능성은 어레이 드라이버(22)에 상주한다. 전술된 최적화는 임의의 개수의 하드웨어 및/또는 소프트웨어 컴포넌트들로 그리고 다양한 구성들로 구현될 수 있다.
- [0149] [0160] 여기에서 개시된 구현들과 관련하여 설명되는 다양한 예시적인 로직들, 로직 블록들, 모듈들, 회로들 및 알고리즘 단계들은 전자 하드웨어, 컴퓨터 소프트웨어, 또는 이들 둘의 조합들로서 구현될 수 있다. 하드웨어 및 소프트웨어의 상호 교환 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.
- [0150] [0161] 여기에서 개시된 양상들에 관련하여 설명된 다양한 예시적인 로직들, 로직 블록들, 모듈들, 및 회로들을 구현하는데 사용되는 하드웨어 및 데이터 프로세싱 장치는 범용 단일-칩 또는 다중-칩 프로세서, 디지털 신호 프로세서(DSP), 주문형 집적 회로(ASIC), 필드 프로그램 가능 게이트 어레이(FPGA) 또는 다른 프로그램 가능 로직 디바이스, 이산 게이트 또는 트랜지스터 로직, 이산 하드웨어 컴포넌트들, 또는 여기에서 개시된 기능들을 수행하도록 설계된 이들의 임의의 조합으로 구현되거나 수행될 수 있다. 범용 프로세서는 마이크로프로세서 또는, 임의의 종래의 프로세서, 컨트롤러, 마이크로컨트롤러, 또는 상태 머신일 수 있다. 또한, 프로세서는 컴퓨팅 디바이스들의 조합, 예를 들면, DSP 및 마이크로프로세서의 조합, 복수의 마이크로프로세서들, DSP 코어와 협력하는 하나 또는 그 초과의 마이크로프로세서들, 또는 임의의 다른 이러한 구성으로서 구현될 수 있다. 일부 구현들에서, 특정한 단계들 및 방법들이 주어진 기능에 대해 특정한 회로에 의하여 수행될 수 있다.
- [0151] [0162] 하나 또는 그 초과의 양상들에서, 설명된 기능들은 본 명세서에서 개시된 구조들 및 이 개시된 구조들 과의 구조적 균등물들을 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.
- [0152] [0163] 소프트웨어로 구현되는 경우, 상기 기능들은 컴퓨터-판독가능 매체 상에 하나 또는 그 초과의 명령들

또는 코드로서 저장되거나 또는 이들을 통해 전송될 수 있다. 여기에 개시된 알고리즘 또는 방법의 단계들은 컴퓨터-관독가능 매체 상에 상주할 수 있는 프로세서-실행가능 소프트웨어 모듈로 구현될 수 있다. 컴퓨터-관독가능 매체는 컴퓨터 저장 매체, 및 한 위치로부터 다른 위치로의 컴퓨터 프로그램을 이전하도록 인에이블될 수 있는 임의의 매체를 포함하는 통신 매체 모두를 포함한다. 저장 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 이용가능한 매체일 수 있다. 제한이 아닌 예로서, 이러한 컴퓨터-관독가능 매체는 RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM 또는 다른 광학 디스크 저장소, 자기 디스크 저장 또는 다른 자기 저장 디바이스들, 또는 명령들 또는 데이터 구조들의 형태로 원하는 프로그램 코드를 저장하는데 사용될 수 있고, 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 다른 매체를 포함할 수 있다. 또한, 임의의 연결수단은 컴퓨터-관독가능 매체로서 적절하게 지정될 수 있다. 여기서 사용되는 디스크(disk) 및 디스크(disc)는 컴팩트 디스크(disc)(CD), 레이저 디스크(disc), 광 디스크(disc), DVD(digital versatile disc), 플로피 디스크(disk), 및 블루-레이 디스크(disc)를 포함하며, 여기서 디스크(disk)들은 보통 데이터를 자기적으로 재생하지만, 디스크(disc)들은 레이저들을 사용하여 광학적으로 데이터를 재생한다. 위의 것들의 조합들은 또한 컴퓨터-관독가능 매체의 범위 내에 포함될 수 있다. 부가적으로, 방법 또는 알고리즘의 동작들은 컴퓨터 프로그램 물건에 통합될 수 있는 기계 관독가능 매체 및 컴퓨터-관독가능 매체 상에 코드들 및 명령들 중 하나 또는 임의의 조합 또는 세트로서 상주할 수 있다.

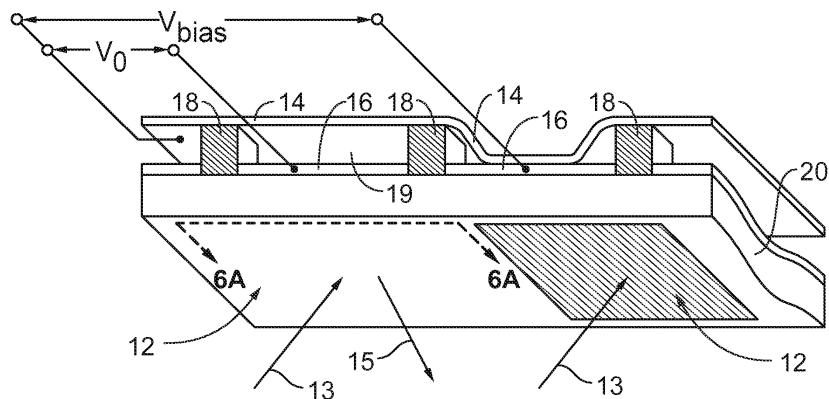
[0153] [0164] 본 발명에서 설명된 구현들에 대한 다양한 수정들은 당업자들에게 용이하게 명백할 것이고, 여기에서 정의된 일반적인 원리들은 본 발명의 사상 또는 범위를 벗어나지 않고 다른 구현들에 적용될 수 있다. 따라서, 청구항들은 여기에서 도시된 구현들로 제한되도록 의도되는 것이 아니라, 여기에서 개시된 이러한 발명, 원리들 및 신규한 특징들과 일치하는 최광의 범위에 따른다. 용어 "예시적인(exemplary)"은 "일 예, 설례, 또는 예시로서 역할을 하는"을 의미하도록 여기에서 배타적으로 이용된다. 여기에서 "예시적인" 것으로 설명된 임의의 구현은 반드시 다른 가능성들 또는 구현들에 비해 바람직하거나 유리한 것으로 해석되지는 않는다. 부가적으로, 당업자는 용어들 "상부" 및 "하부"가 때때로 도면들의 설명을 용이하게 하기 위해 이용되며, 적합하게 배향된 페이지 상의 도면의 배향에 대응하는 상대적인 위치들을 표시하고, 구현된 바와 같은 IMOD의 적합한 배향을 반영하지 않을 수 있다는 것을 용이하게 이해할 것이다.

[0154] [0165] 개별적인 구현들의 맥락에서 이 명세서에서 설명되는 특정 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.

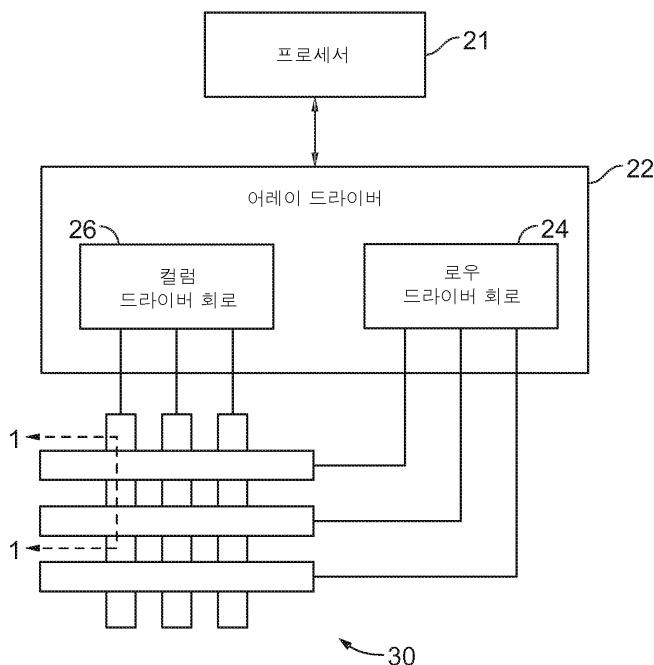
[0155] [0166] 유사하게, 동작들은 도면들에서 특정한 순서로 도시되지만, 당업자는 바람직한 결과들을 달성하기 위해, 이러한 동작들이 도시된 특정한 순서 또는 순차적 순서로 수행될 필요가 없거나 또는 모든 예시된 동작들이 수행될 필요는 없다는 점을 용이하게 인식할 것이다. 추가로, 도면들은 하나 초과의 예시적인 프로세스들을 흐름도의 형태로 개략적으로 도시할 수 있다. 그러나, 도시되지 않은 다른 동작들이, 개략적으로 예시된 예시적인 프로세스들에 통합될 수 있다. 예를 들어, 하나 또는 그 초과의 추가적인 동작들이, 예시된 동작들 중 임의의 동작 이전에, 이후에, 동시에, 또는 그들 사이에서 수행될 수 있다. 특정한 환경들에서, 멀티태스킹 및 병렬적 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 물건으로 함께 통합되거나 또는 다수의 소프트웨어 물건들로 패키징될 수 있음이 이해되어야 한다. 추가적으로, 다른 구현들은 하기 청구항들의 범위 내에 있다. 일부의 경우들에서, 청구항들에서 나열되는 동작들은 상이한 순서로 수행될 수 있고, 바람직한 결과들을 여전히 달성할 수 있다.

## 도면

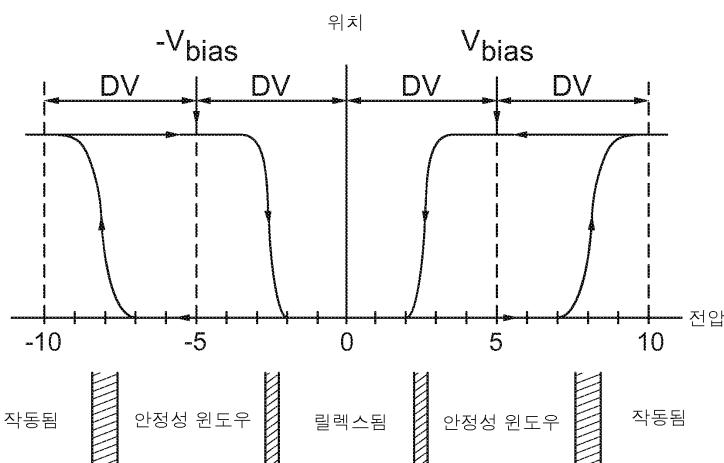
## 도면1



## 도면2



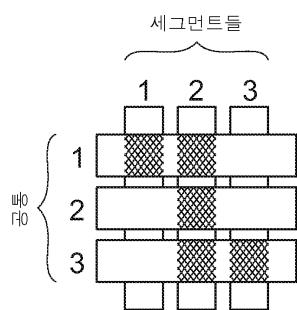
## 도면3



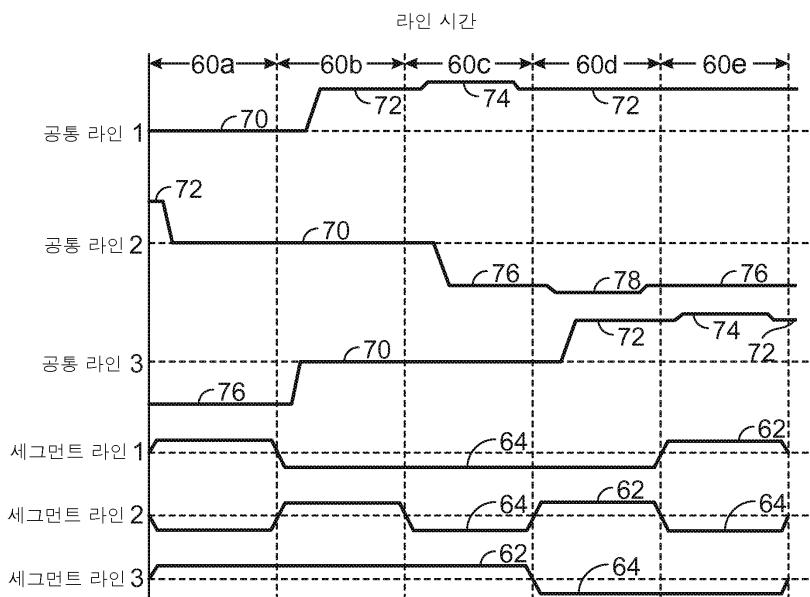
## 도면4

		공통 전압				
		VC_ADD_H	VC_HOLD_H	VC_REL	VC_HOLD_L	VC_ADD_L
세그먼트 전압	VS_H	안정	안정	릴렉스	안정	작동
	VS_L	작동	안정	릴렉스	안정	안정

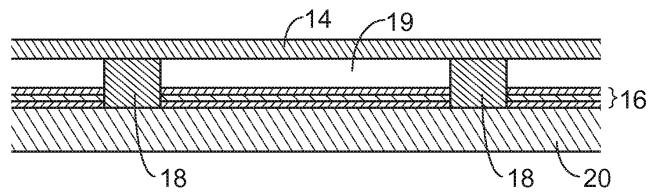
## 도면5a



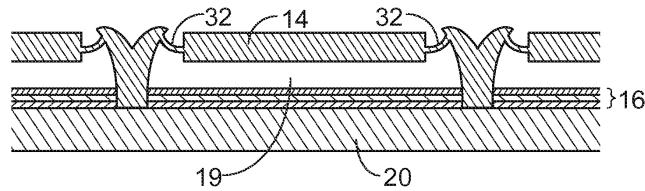
## 도면5b



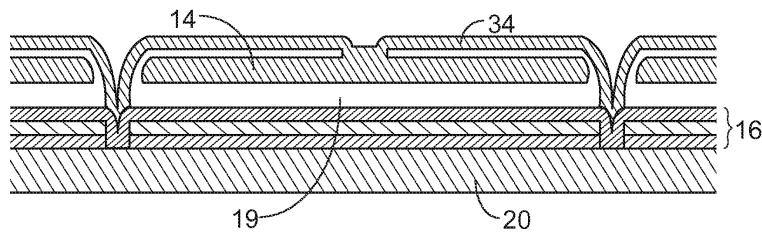
도면6a



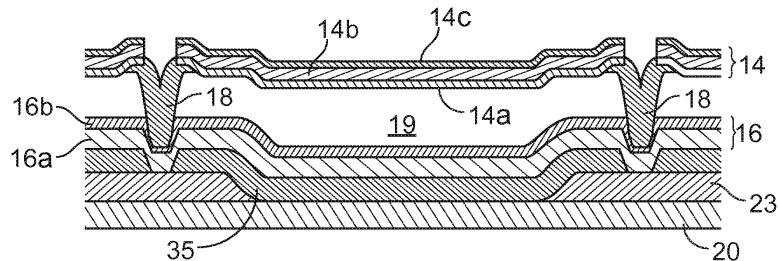
도면6b



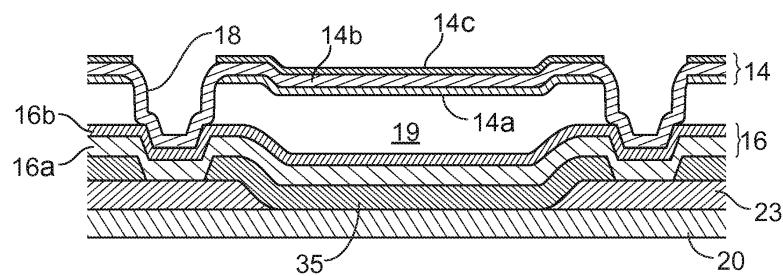
도면6c



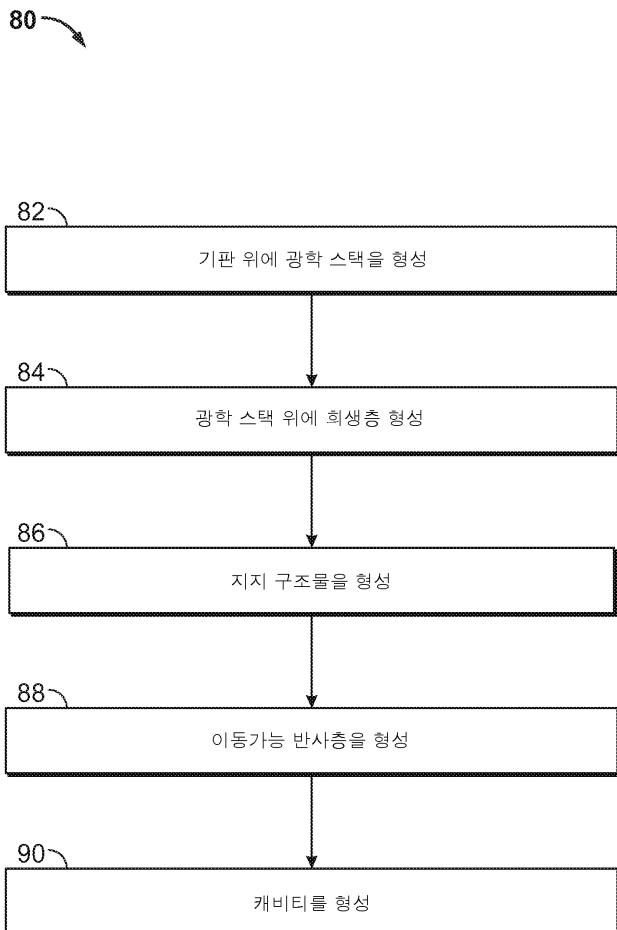
도면6d



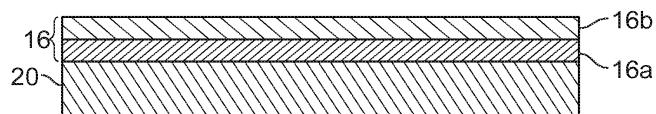
도면6e



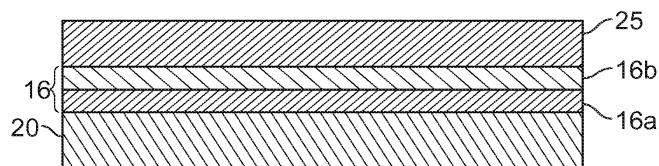
## 도면7



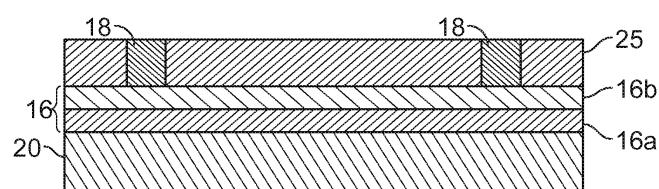
## 도면8a



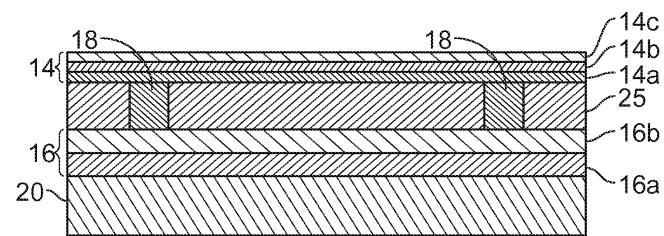
## 도면8b



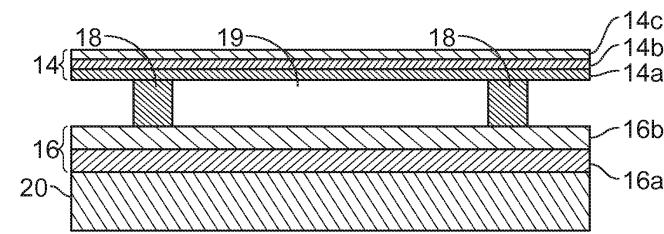
## 도면8c



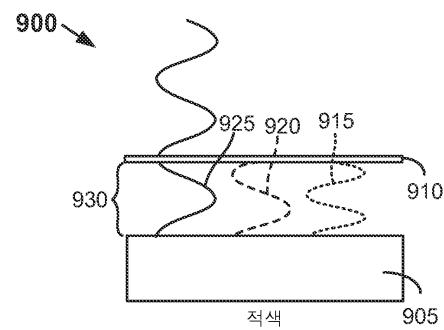
도면8d



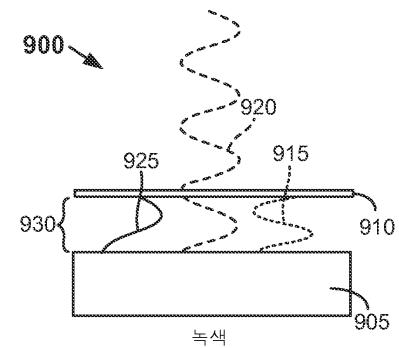
도면8e



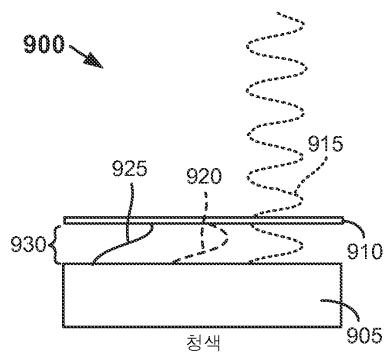
도면9a



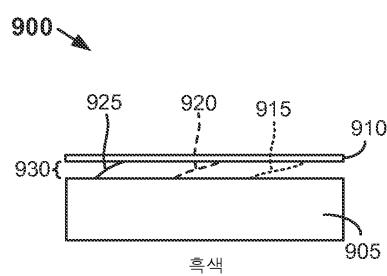
도면9b



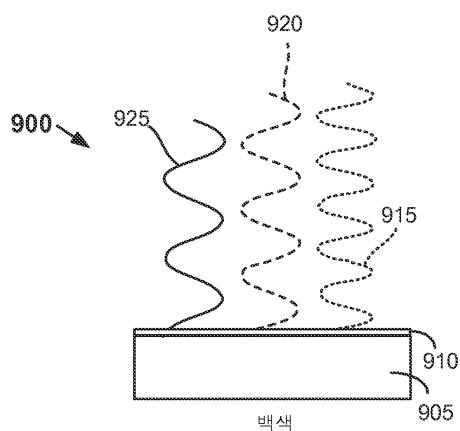
도면9c



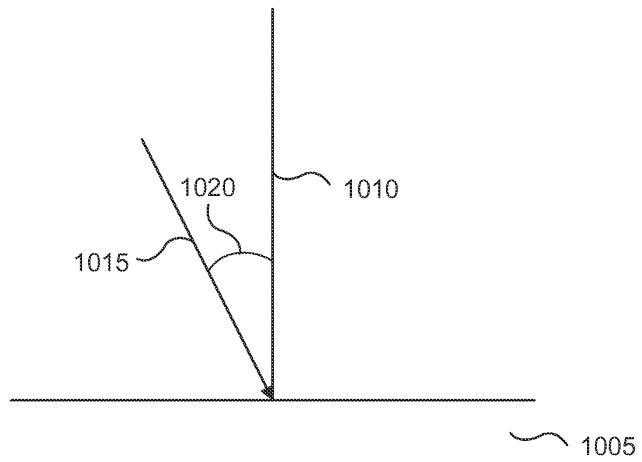
도면9d



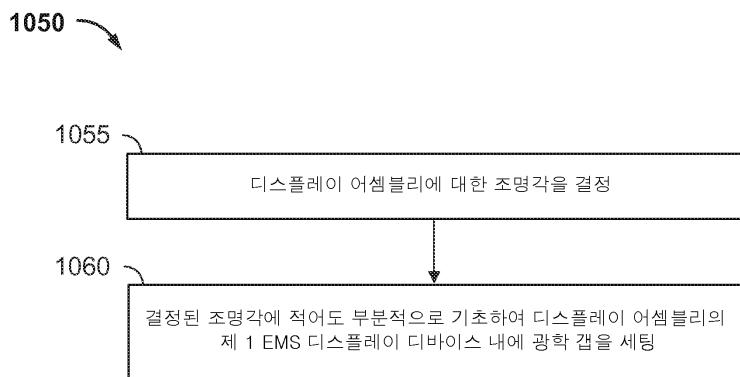
도면9e



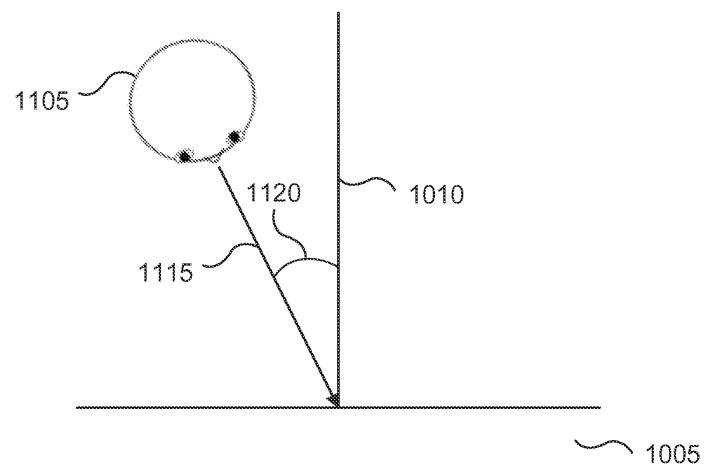
도면10a



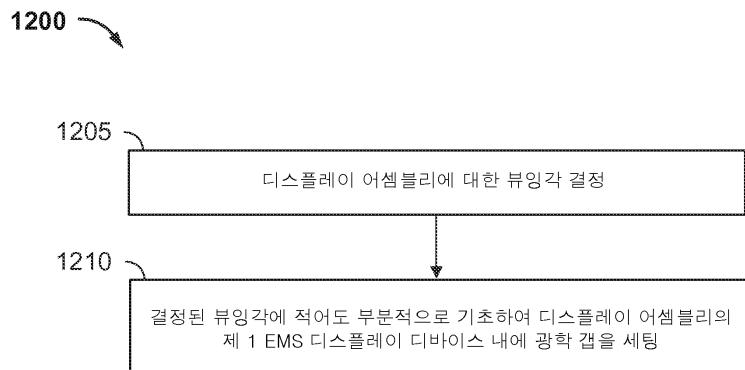
도면10b



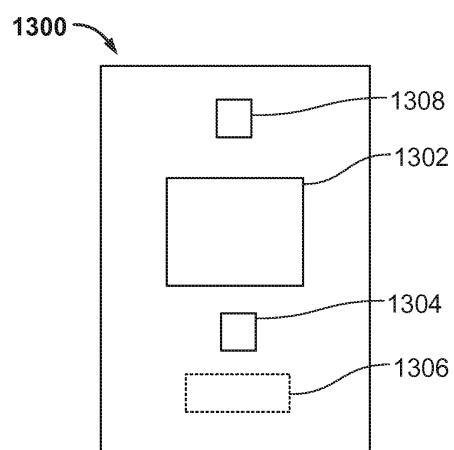
도면11



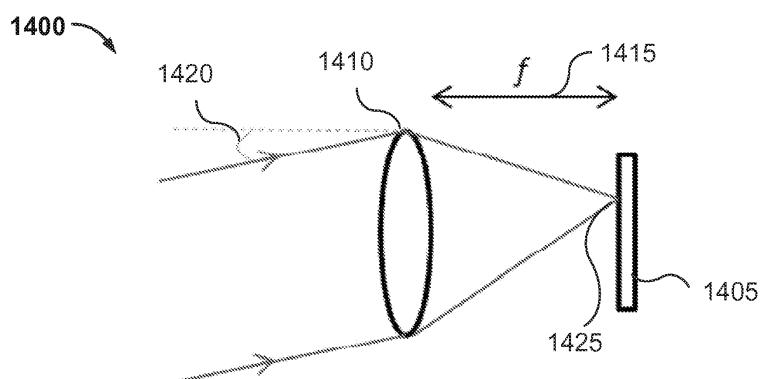
도면12



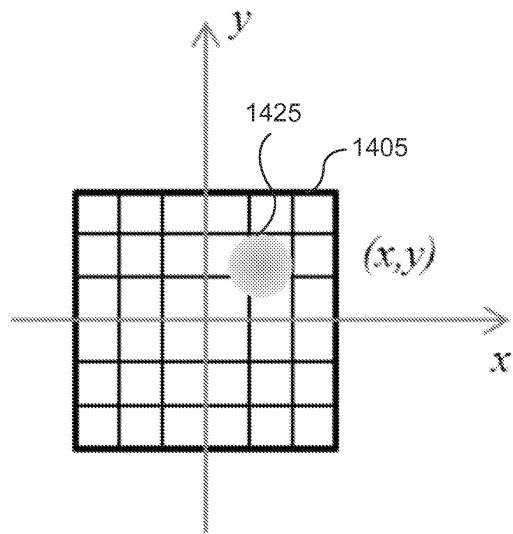
도면13



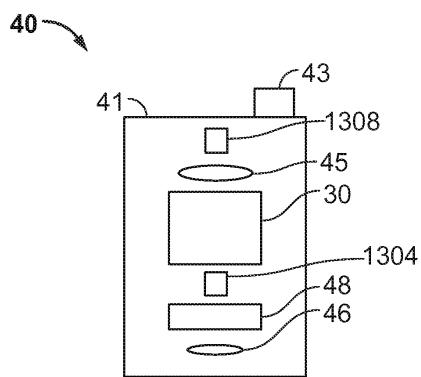
도면14a



도면14b



도면15a



## 도면15b

40 ↗

41 ↗

