



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0121498  
(43) 공개일자 2010년11월17일

(51) Int. Cl.

G09G 3/20 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-7019547

(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년02월06일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2010년09월01일

(86) 국제출원번호 PCT/US2009/033435

(87) 국제공개번호 WO 2009/102639

국제공개일자 2009년08월20일

(30) 우선권주장

61/027,727 2008년02월11일 미국(US)

(71) 출원인

켈컴 엠이엠스 테크놀로지스, 인크.

미국 92121-1714 캘리포니아 샌디에고 모어하우스  
드라이브 5775

(72) 발명자

고빌, 알록

미국 캘리포니아 95054 산타클라라 아파트먼트  
102 맨션 코트 520

(74) 대리인

특허법인 아주양현

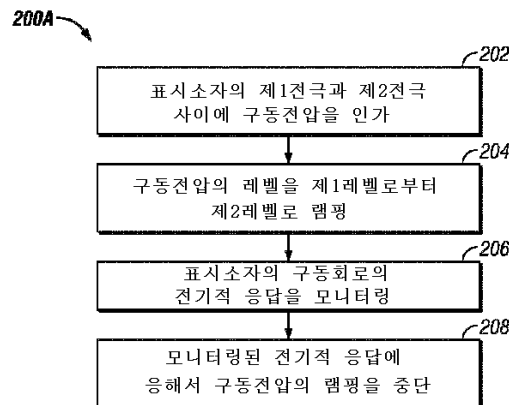
전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 디스플레이 구동 체계가 통합된 표시소자의 감지, 측정 혹은 평가 방법 및 장치, 그리고 이를 이용한 시스템 및 용도

(57) 요약

표시소자의 전기적 감지, 측정 및 평가를 위한 방법 및 시스템이 기재되어 있다. 일 실시형태는 상기 전기적 감지, 측정 및 평가를 디스플레이 구동 체계와 통합시키는 것을 포함한다. 이 실시형태는, 예를 들어, 디스플레이 드라이버 IC 및/또는 디스플레이 구동 체계와 완전히 통합될 간접계 변조기 MEMS 디바이스의 DC 혹은 동작 히스테리시스 전압 및/또는 응답 횟수의 측정을 허용한다. 다른 실시형태는 인간 사용자가 볼 수 있는 표시 산물로 얻어지는 일없이 이들 측정이 수행되고 사용될 수 있게 한다. 또 다른 실시형태는 측정 회로가 수개의 기존의 회로 부품 및 특성부를 재이용하는 디스플레이 드라이버 IC 및/또는 디스플레이 구동 체계와 통합되는 것을 허용하고, 따라서, 측정 방법의 통합화 및 그의 비교적 용이한 사용을 허용한다.

대표도 - 도10a



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

표시소자(display element)의 제1전극과 제2전극 사이에 신호 파형을 인가하는 인가단계로서, 해당 신호는 상기 표시소자의 상태를 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로 변경하며, 상기 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로의 변이(transition)는 인간 시각으로 실질적으로 검출불가능한 것인 인가단계;

인가된 신호에 의하여 상기 표시소자의 전기적 응답(electrical response)을 측정하는 측정단계; 및

측정된 전기적 응답에 의거해서 상기 표시소자의 최소한 하나의 동작 특성을 결정하는 결정단계를 포함하는 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로의 변이는  $400\mu s$  미만에 완료되는 것인 방법.

### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로의 변이는 약  $400\mu s$  초과 약  $4000\mu s$  미만에 완료되는 것인 방법.

### 청구항 4

제1항에 있어서, 주기적 시간 기준에 대해서 상기 인가단계, 측정단계 및 결정단계를 반복하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

### 청구항 5

제1항에 있어서, 유사랜덤 시간 기준(pseudorandom time basis)에 대해서 상기 인가단계, 측정단계 및 결정단계를 반복하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

### 청구항 6

제1항에 있어서, 온도변화에 의거해서 한꺼번에 상기 인가단계, 측정단계 및 결정단계를 반복하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

### 청구항 7

제1항에 있어서, 상기 표시소자의 사용년수에 의거해서 상기 인가단계, 측정단계 및 결정단계를 반복하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

### 청구항 8

제1항에 있어서, 상기 인가단계는 다수의 전압에서 다수회 수행되며, 상기 다수의 전압의 각각에 대해서 동작 특성이 결정되고, 상기 방법은

상기 다수의 전압의 각각에 대한 전압 레벨 및 동작 특성을 나타내는 정보를 저장하는 단계; 및

상기 저장된 정보 및 미리 결정된 동작 특성에 의거해서 구동 전압 레벨을 결정하는 단계를 포함하는 방법.

### 청구항 9

제1항에 있어서, 상기 결정단계는 작동 전압, 해제 전압(release voltage) 및 응답 시간 중 하나 이상을 결정하는 단계를 포함하는 것인 방법.

### 청구항 10

제1항에 있어서, 상기 신호 파형은 사인형(sinusoid), 톱니형 및 직사각형 펄스 중 하나 이상을 포함하는 것인

방법.

#### 청구항 11

표시소자의 제1전극과 제2전극 사이에 신호를 인가하도록 구성된 구동 회로로서, 해당 신호는 상기 표시소자의 상태를 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로 변경하며, 상기 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로의 변이는 인간 시각으로 실질적으로 검출불가능한 것인 구동 회로;

인가된 신호에 응해서 상기 표시소자의 전기적 응답을 측정하도록 구성된 피드백 회로; 및

상기 구동 회로를 제어하고, 상기 측정된 전기적 응답을 나타내는 정보를 수신하며, 상기 측정된 전기적 응답에 의거해서 상기 표시소자의 최소한 하나의 동작 특성을 결정하도록 구성된 프로세서를 포함하는 장치.

#### 청구항 12

제11항에 있어서, 상기 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로의 변이는  $400\mu s$  미만에 완료되는 것인 장치.

#### 청구항 13

제11항에 있어서, 상기 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로의 변이는 약  $400\mu s$  초과 약  $4000\mu s$  미만에 완료되는 것인 장치.

#### 청구항 14

제11항에 있어서, 상기 프로세서는 주기적 시간 기준에 대해서 상기 신호를 인가하게끔 상기 구동 회로를 제어하도록 구성된 것인 장치.

#### 청구항 15

제11항에 있어서, 상기 프로세서는 유사랜덤 시간 기준에 대해서 상기 신호를 인가하게끔 상기 구동 회로를 제어하도록 구성된 것인 장치.

#### 청구항 16

제11항에 있어서, 상기 프로세서는 온도 변화에 의거해서 상기 신호를 인가하게끔 상기 구동 회로를 제어하도록 구성된 것인 장치.

#### 청구항 17

제11항에 있어서, 상기 프로세서는 상기 표시소자의 사용년수에 의거해서 상기 신호를 인가하게끔 상기 구동 회로를 제어하도록 구성된 것인 장치.

#### 청구항 18

제11항에 있어서, 상기 프로세서는 다수의 레벨에서 상기 신호를 다수회 인가하도록 상기 구동 회로를 제어하고, 상기 다수의 레벨의 각각과 관련된 동작 특성을 결정하며, 상기 동작 특성 및 상기 레벨을 나타내는 정보를 저장하고, 상기 저장된 정보 및 미리 결정된 동작 특성에 의거해서 구동 레벨을 결정하도록 구성된 것인 장치.

#### 청구항 19

제18항에 있어서, 상기 최소한 하나의 동작 특성은 작동 전압, 해제 전압 및 응답 시간 중 하나 이상을 포함하는 것인 장치.

#### 청구항 20

제11항에 있어서, 상기 신호는 사인형(sinusoid), 톱니형 및 직사각형 펄스 중 하나 이상을 포함하는 것인 장치.

#### 청구항 21

제11항에 있어서, 상기 프로세서는 표시된 색의 시간 평균(temporal averaging)을 제공하는 전압 파형을 인가하도록 상기 구동 회로를 제어하도록 구성된 것인 장치.

#### 청구항 22

표시소자의 제1전극과 제2전극 사이에 신호를 인가하도록 구성된 인가수단으로서, 해당 신호는 상기 표시소자의 상태를 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로 변경하며, 상기 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로의 변이는 인간 시각으로 실질적으로 검출불가능한 것인 인가수단;

인가된 신호에 응해서 상기 표시소자의 전기적 응답을 측정하는 측정수단; 및

측정된 전기적 응답을 나타내는 정보를 수신하고, 상기 측정된 전기적 응답에 의거해서 상기 표시소자의 최소한 하나의 동작 특성을 결정하는 수단을 포함하는 디스플레이 디바이스(display device).

#### 청구항 23

간섭계 변조기들(interferometric modulators)의 어레이;

상기 간섭계 변조기들 중 최소한 하나의 간섭계 변조기의 제1전극과 제2전극 사이에 신호를 인가하도록 구성된 구동 회로로서, 상기 신호는 간섭계 변조기의 상태를 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로 변경하며, 상기 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로의 변이는 인간 시각으로 실질적으로 검출불가능한 것인 구동 회로;

인가된 신호에 응하여 상기 간섭계 변조기의 전기적 응답을 측정하도록 구성된 피드백 회로;

상기 구동 회로를 제어하고, 측정된 전기적 응답을 나타내는 정보를 수신하며, 해당 측정된 전기적 응답에 의거해서 간섭계 변조기의 최소한 하나의 동작 특성을 결정하도록 구성된 프로세서; 및

상기 프로세서와 통신하도록 구성된 메모리 장치를 포함하는 디스플레이 디바이스.

#### 청구항 24

제23항에 있어서, 화상 데이터의 적어도 일부를 상기 구동 회로로 전송하도록 구성된 제어기를 추가로 포함하는 디스플레이 디바이스.

#### 청구항 25

제23항에 있어서, 상기 화상 데이터를 상기 프로세서에 전송하도록 구성된 화상 공급원 모듈(image source module)을 추가로 포함하는 디스플레이 디바이스.

#### 청구항 26

제25항에 있어서, 상기 화상 공급원 모듈은 수신기, 트랜스미터 및 송신기 중 적어도 하나를 포함하는 것인 디스플레이 디바이스.

#### 청구항 27

제23항에 있어서, 입력 데이터를 수신하여 해당 입력 데이터를 상기 프로세서에 전달하도록 구성된 입력 장치를 추가로 포함하는 디스플레이 디바이스.

### 명세서

### 기술분야

#### 관련 출원에 대한 교차참조

본 출원은 미국 가출원 제61/027,727호(출원일: 2008년 2월 11일, 발명의 명칭: "METHOD AND APPARATUS FOR SENSING, MEASUREMENT OR CHARACTERIZATION OF DISPLAY ELEMENTS INTEGRATED WITH THE DISPLAY DRIVE SCHEME, AND SYSTEM AND APPLICATIONS USING THE SAME")에 대한 우선권을 주장하며, 이 기초 출원의 개시 내용은 그의 전문이 참조로 본원에 포함된다.

[0003] **발명의 기술분야**

[0004] 본 발명은 마이크로전자기계 시스템(MEMS: microelectromechanical systems)에 관한 것으로, 특히, 본 발명은 간섭계 변조기(interferometric modulator) 등의 마이크로전자기계 시스템의 성능을 향상시키는 방법 및 장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0005] 마이크로전자기계 시스템(MEMS)은 마이크로기계 소자, 작동기 및 전자 기기를 포함한다. 마이크로기계 소자는 기관 및/또는 증착(혹은 침착(deposition)); 이하 본 명세서에서는 "증착"이라 표기함)된 재료층의 일부를 에칭 해내거나 층들을 추가하여 전기 및 전자기계 장치를 형성하는 증착, 에칭 및/또는 기타 미세기계가공(micromachining) 공정들을 이용하여 형성될 수도 있다. MEMS 장치의 한 유형은 간섭계 변조기라 불린다. 본 명세서에서 이용되는 바와 같이, 간섭계 변조기 또는 간섭계 광 변조기(interferometric light modulator)라는 용어는 광학적 간섭의 원리를 이용하여 광을 선택적으로 흡수 및/또는 반사하는 장치를 의미한다. 소정의 실시 형태에 있어서, 간섭계 변조기는 1쌍의 도전판을 포함할 수도 있는데, 상기 1쌍의 도전판 중 어느 하나 또는 양쪽 모두가 전체 또는 부분적으로 투과형 및/또는 반사형일 수도 있고 적절한 전기 신호의 인가 시 상대 운동을 할 수 있다. 특정 실시형태에 있어서, 하나의 도전판은 기관에 증착된 고정층을 포함할 수도 있고, 다른 하나의 도전판은 공기 간극(air gap)에 의해 고정층과는 분리된 금속막을 포함할 수도 있다. 본 명세서에서 보다 더 상세히 설명하는 바와 같이, 도전판의 상대적 위치에 의해서 간섭계 변조기에 입사되는 광의 광학적 간섭은 변화될 수 있다. 이러한 장치들의 적용 범위는 광범위하며, 기존의 제품들을 개선시키는 데 있어서, 그리고 아직 개발되지 않은 새로운 제품들을 만들어내는 데 있어서 이러한 유형의 장치 특성들이 사용될 수 있도록 이들 장치의 특징들을 이용 및/또는 변경하는 것은 해당 기술 분야에서 유용할 것이다.

[0006] 본 명세서에 개시된 시스템, 방법 및 장치는 각각 수개의 양상들을 지니고 있으며, 이들 각각의 어느 하나만이 단독으로 그것의 목적으로 하는 속성을 담당하지는 않는다. 본 발명의 범위를 한정하는 일없이, 본 발명의 더욱 뛰어난 특징들이 지금부터 간단하게 논의될 것이다. 당업자는, 이 논의를 고려한 후에, 그리고 특히 "발명을 실시하기 위한 구체적인 내용" 부분을 읽은 후에, 본 발명의 특징들이 어떻게 다른 표시장치에 비해 장점을 제공하는지 이해할 수 있을 것이다.

**발명의 내용**

[0007] 본 발명의 일 측면은 표시소자(display element)의 제1전극과 제2전극 사이에 신호 파형을 인가하는 인가단계로서, 해당 신호는 상기 표시소자의 상태를 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로 변경하며, 상기 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로의 변이(transition)는 인간 시각으로 실질적으로 검출불가능한 것인 인가단계; 인가된 신호에 응하여 상기 표시소자의 전기적 응답(electrical response)을 측정하는 측정단계; 및 측정된 전기적 응답에 의거해서 상기 표시소자의 최소한 하나의 동작 특성을 결정하는 결정단계를 포함하는 방법이다.

[0008] 본 발명의 다른 측면은 표시소자의 제1전극과 제2전극 사이에 신호를 인가하도록 구성된 구동 회로로서, 해당 신호는 상기 표시소자의 상태를 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로 변경하며, 상기 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로의 변이는 인간 시각으로 실질적으로 검출불가능한 것인 구동 회로; 인가된 신호, 구체적으로는, 전압 파형에 응해서 상기 표시소자의 전기적 응답을 측정하도록 구성된 피드백 회로; 및 상기 구동 회로를 제어하고, 상기 측정된 전기적 응답을 나타내는 정보를 수신하며, 상기 측정된 전기적 응답에 의거해서 상기 표시소자의 최소한 하나의 동작 특성을 결정하도록 구성된 프로세서를 포함하는 장치이다.

[0009] 본 발명의 또 다른 측면은 표시소자의 제1전극과 제2전극 사이에 신호를 인가하도록 구성된 인가수단으로서, 해당 신호는 상기 표시소자의 상태를 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로 변경하며, 상기 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로의 변이는 인간 시각으로 실질적으로 검출불가능한 것인 인가수단; 인가된 신호, 구체적으로는, 전압 파형에 응해서 상기 표시소자의 전기적 응답을 측정하는 측정수단; 및 측정된 전기적 응답을 나타내는 정보를 수신하고, 상기 측정된 전기적 응답에 의거해서 상기 표시소자의 최소한 하나의 동작 특성을 결정하는 수단을 포함하는 디스플레이 디바이스(display device)(즉, 표시장치)이다.

[0010] 본 발명의 또 다른 측면은 간섭계 변조기들의 어레이; 상기 간섭계 변조기들 중 최소한 하나의 간섭계 변조기의 제1전극과 제2전극 사이에 신호를 인가하도록 구성된 구동 회로로서, 상기 신호는 간섭계 변조기의 상태를 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로 변경하며, 상기 제1상태로부터 제2상태로 그리고 다시 제1상태로

의 변이는 인간 시각으로 실질적으로 검출불가능한 것인 구동 회로; 인가된 신호, 구체적으로는, 전압 파형에 의하여 상기 간섭계 변조기의 전기적 응답을 측정하도록 구성된 피드백 회로; 상기 구동 회로를 제어하고, 측정된 전기적 응답을 나타내는 정보를 수신하며, 해당 측정된 전기적 응답에 의거해서 간섭계 변조기의 최소한 하나의 동작 특성을 결정하도록 구성된 프로세서; 및 상기 프로세서와 통신하도록 구성된 메모리 장치를 포함하는 디스플레이 디바이스이다.

### 도면의 간단한 설명

[0011]

도 1은 제1간섭계 변조기의 이동식 반사층이 이완 위치에 있고, 제2간섭계 변조기의 이동식 반사층이 작동 위치에 있는 간섭계 변조기 디스플레이의 일 실시형태의 일부를 나타낸 등각 투상도;

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

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

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

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

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

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

도 7a는 도 1의 디바이스의 단면도;

도 7b는 간섭계 변조기의 대안적인 실시형태의 단면도;

도 7c는 간섭계 변조기의 다른 대안적인 실시형태의 단면도;

도 7d는 간섭계 변조기의 또 다른 대안적인 실시형태의 단면도;

도 7e는 간섭계 변조기의 추가의 대안적인 실시형태의 단면도;

도 8은 디스플레이 어레이를 구동하고, 도 2의 간섭계 변조기 디스플레이 디바이스 등과 같은 선택된 표시소자의 전기적 응답을 측정하도록 구성된 시스템의 일례를 예시한 블록도;

도 9는 도 2의 간섭계 변조기 디스플레이 디바이스 등과 같은 선택된 표시소자에 자극을 가하는데 이용되는 회로를 통해서 해당 선택된 표시소자의 전기적 응답을 측정하는데 이용될 수 있는 동일 회로의 다른 예를 예시한 블록도;

도 10a는 램핑된 구동전압이 이용되는, 예를 들어 도 1에 예시된 바와 같은 간섭계 변조기 등과 같은 표시소자를 구동하는 방법의 일례를 나타낸 순서도;

도 10b는 표시소자의 바람직한 동작 특성(operational characteristic)에 의거해서 구동전압을 결정하는 단계를 포함하는, 표시소자를 구동하기 위한 구동전압을 교정하는 방법을 나타낸 순서도;

도 10c는 표시소자를 구동할 때 여러 조건의 확인에 의거해서 구동전압을 조정하는 단계를 포함하는, 표시소자를 구동하기 위한 구동전압을 교정하는 다른 방법을 나타낸 순서도;

도 11a는 표시소자를 구동하기 위한 램핑된 전압 파형의 일례를 나타낸 도면;

도 11b는 도 10a 및 도 10b에 도시된 방법에서 이용될 수 있는 표시소자에 접속된 구동 회로의 감지된 전기적 응답을 나타낸 도면;

도 12는 도 10a 및 도 10b에 나타난 방법에서 이용될 수 있는 바와 같은, 표시소자를 구동하기 위한 구동전압 파형 및 표시소자에 접속된 구동 회로에서 감지된 대응하는 전기적 응답의 일례를 나타낸 도면;

도 13a는 도 10c에 나타난 방법에서 이용될 수 있는 바와 같은, 구동전압 파형 및 표시소자의 적절한 작동을 나



타내는 대응하는 전기적 응답의 일례를 나타낸 도면;

도 13b는 도 10c에 나타난 방법에서 이용될 수 있는 바와 같은, 구동전압 파형 및 표시소자의 잘못된 작동의 일례를 나타내는 대응하는 전기적 응답의 일례를 나타낸 도면;

도 14는, 표시소자를 구동하고 해당 표시소자의 전기적 응답을 측정해서 구동전압을 결정하여 소망의 동작 특성을 획득하는 방법을 나타낸 순서도로, 여기서는 구동전압이 인간의 시각으로 실질적으로 검출불가능한 표시 상태 변이(transition)를 초래함;

도 15는 도 15에 나타난 방법에서 이용될 수 있는 구동전압 파형 및 대응하는 감지된 전기적 응답의 일례를 나타낸 도면;

도 16a는 디스플레이 어레이의 고립된 영역(isolated portion)을 구동하고 해당 고립된 영역의 전기적 응답을 감지하는 회로의 일례를 나타낸 블록도;

도 16b는 감지되고 있는 표시 영역의 전기용량(capacitance), 및 감지되고 있지 않은 다른 표시 영역의 전기 용량의 전기적 관계를 나타낸 등가 회로도.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이하의 상세한 설명은 본 발명의 소정의 실시형태들에 관한 것이지만, 본 발명은 다양한 방법들로 구현될 수 있다. 이 설명에서는, 동일한 부분은 동일한 참조 부호로 표기된 도면을 참조하여 설명을 행한다. 이하의 설명으로부터 명백한 바와 같이, 각 실시형태는 동화상(예를 들어, 비디오)인지 또는 정지화상(예를 들어, 스틸 이미지(still image))인지, 그리고 문자인지 그림인지의 여부에 따라 화상을 표시하도록 구성되는 장치이면 어떠한 장치에서도 구현될 수 있다. 더욱 상세하게는, 휴대폰, 무선 장치, PDA(personal data assistant), 초소형 또는 휴대용 컴퓨터, GPS 수신기/네비게이션, 카메라, MP3 플레이어, 캠코더, 게임 콘솔(game console), 손목 시계, 시계, 계산기, 텔레비전 모니터, 플랫 패널 디스플레이, 컴퓨터 모니터, 자동차 디스플레이(예를 들어, 주행 기록계 디스플레이 등), 콕핏 제어기(cockpit control) 및/또는 디스플레이, 카메라 뷰 디스플레이(예를 들어, 차량의 리어 뷰(rear view) 카메라의 디스플레이), 전자 사진, 전자 광고판 또는 간판, 프로젝터, 건축 구조물, 포장물 및 미술 구조물(예를 들어, 보석류에 대한 화상의 디스플레이)을 포함하지만 이들로 한정되지는 않는 다양한 전자 장치들로 구현되거나 또는 그 다양한 전자 장치들과 관련될 수 있는 것을 고려할 수 있다. 본 명세서에 기재된 것과 마찬가지로 구조체의 MEMS 장치는 또한 전자 전환(즉, 스위칭) 장치 등에서의와 같은 디스플레이(즉, 표시장치)가 아닌 용도에도 이용될 수 있다.

[0013] 표시소자의 전기적 감지, 측정 및 평가를 위한 방법 및 시스템이 기재되어 있다. 일 실시형태는 디스플레이 구동 체계(display drive scheme)와 함께 전기적 감지, 측정 및 평가를 통합하는 것을 포함한다. 이 실시형태는, 예를 들어, 디스플레이 드라이버 IC 및/또는 디스플레이 구동 체계와 완전히 통합될 간접계 변조기 MEMS 디바이스의 DC 혹은 동작 히스테리시스 전압 및/또는 응답 횟수의 측정을 허용한다. 다른 실시형태는 인간 사용자가 볼 수 있는 표시 산물로 얻어지는 일없이 이들 측정이 수행되고 사용될 수 있게 한다. 다른 실시형태는 측정 회로가 수개의 기존의 회로 부품 및 특성부를 재이용하는 디스플레이 드라이버 IC 및/또는 디스플레이 구동 체계와 통합되는 것을 허용하고, 따라서, 측정 방법의 통합화 및 그의 비교적 용이한 사용을 허용한다.

[0014] 간접계 MEMS 표시소자를 포함하는 간접계 변조기 디스플레이의 일 실시형태가 도 1에 예시되어 있다. 이들 장치에 있어서, 화소들은 명 상태(bright state) 또는 암 상태(dark state)이다. 명("온" 또는 "열린") 상태에 서, 표시소자는 입사되는 가시광의 많은 부분을 사용자에게 반사시킨다. 암("오프" 또는 "닫힌") 상태에 있을 경우, 표시소자는 입사되는 가시 광선을 사용자에게 거의 반사하지 않는다. "온" 및 "오프" 상태의 광 반사 특성은 실시형태에 따라서 역전되어 있을 수도 있다. MEMS 화소들은 선택된 색에서 우선적으로 반사하도록 구성되어 흑색 및 백색에 부가해서 컬러 표시를 가능하게 한다.

[0015] 도 1은 비주얼 디스플레이의 일련의 화소에 있어서 두 개의 인접한 화소들을 나타낸 등각 투상도인 데, 여기서 각 화소는 MEMS 간접계 변조기를 포함한다. 소정의 실시형태에서, 간접계 변조기 디스플레이는 이들 간접계 변조기의 행/열 어레이를 포함한다. 각각의 간접계 변조기는 서로 간에 가변적이고 제어 가능한 거리에 위치한 1 쌍의 반사층을 포함하여 적어도 하나의 가변 치수를 가진 공명 광학적 간극(resonant optical gap)을 형성한다. 일 실시형태에 있어서, 반사층들 중 하나는 두 위치 사이에서 움직일 수도 있다. 여기서 이완 위치라고도 지칭되는 제1위치에서, 이동식 반사층은 고정된 부분 반사층으로부터 상대적으로 먼 거리에 위치된다. 여기서 작동 위치라고도 지칭되는 제2위치에서, 이동식 반사층은 상기 부분 반사층에 더 가까이 인접하여 위치된다. 이들

두 층에서 반사된 입사광은 이동식 반사층의 위치에 따라서 보강(constructively) 간섭 또는 소멸(destructively) 간섭하여 각 화소에 대해 전체 반사 상태 또는 비반사 상태를 생성한다.

- [0016] 도 1에 있어서 화소 어레이의 도시된 부분은 두 개의 인접한 간섭계 변조기(12a), (12b)를 포함한다. 왼쪽에 위치한 간섭계 변조기(12a)에는 부분 반사층을 포함하는 광학적 적층부(optical stack)(16a)로부터 소정 거리 떨어진 이완 위치에 이동식 반사층(14a)이 예시되어 있다. 오른쪽에 위치한 간섭계 변조기(12b)에는 광학적 적층부(16b)에 인접한 작동 위치에 이동식 반사층(14b)이 예시되어 있다.
- [0017] 여기서 참조 기호로 표시되는 바와 같은 광학적 적층부(16a), (16b)(일괄해서 광학적 적층부(16)라 표기함)는 전형적으로 수 개의 융합층(fused layer)을 포함하는 데, 이들 융합층은 인듐 주석 산화물(indium tin oxide: ITO)과 같은 전극층, 크롬과 같은 부분 반사층, 및 투명 유전체를 포함할 수 있다. 따라서, 광학적 적층부(16)는 전기 전도성이고, 부분적으로 투명하며, 부분적으로 반사성이고, 예를 들어 하나 이상의 상기 층들을 투명한 기판(20) 위에 증착함으로써 제조될 수 있다. 부분적으로 반사성인 층(즉, 부분 반사층)은 각종 금속, 반도체 및 유전체 등과 같이 부분적으로 반사성인 각종 재료로부터 형성될 수 있다. 이 부분 반사층은 하나 이상의 재료의 층으로 형성될 수 있고, 각 층은 단일 재료 혹은 재료들의 조합으로 형성될 수 있다.
- [0018] 몇몇 실시형태에 있어서, 이하에 더욱 설명되는 바와 같이, 광학적 적층체(16)의 층들은 평행 스트립들(strip s)로 패턴화되고, 디스플레이 디바이스 내에서 행방향 전극들을 형성할 수도 있다. 이동식 반사층(14a), (14b)은 기동부(18) 사이에 증착되는 중재 희생 재료 및 기동부(18)의 상부면에 증착된 증착 금속층 또는 증착 금속층들(광학적 적층부(16a), (16b)의 행방향 전극에 직교)로 이루어진 일련의 평행 스트립들로서 형성될 수도 있다. 희생 재료를 에칭하여 제거하면, 이동식 반사층(14a), (14b)은 광학적 적층부(16b), (16b)로부터 소정의 간극(19)만큼 분리되게 된다. 알루미늄과 같은 고 전도성·반사성 재료가 반사층(14)에 사용될 수 있고, 이들 스트립들은 디스플레이 디바이스에서 열방향 전극들을 형성할 수도 있다.
- [0019] 도 1에 있어서 화소(12a)로 예시된 바와 같이, 전압이 인가되지 않을 경우, 이동식 반사층(14a)이 기계적으로 이완된 상태에서, 간극(19)이 이동식 반사층(14a)과 광학적 적층부(16a) 사이에서 유지된다. 그러나, 선택된 행 및 열에 전위차가 인가될 경우, 대응하는 화소에서 행방향 전극과 열방향 전극의 교차점에 형성된 커패시터는 충전되고, 정전기력은 전극들을 함께 당긴다. 전압이 충분히 높다면, 이동식 반사층(14)은 변형이 일어나 광학적 적층부(16)에 대해서 힘을 가한다. 도 1의 오른쪽에 작동 화소(12b)로 표시된 바와 같이, 광학적 적층부(16) 내의 유전체 층(이 도면에서는 도시 생략)은 단락이 방지되어 층(14)과 층(16) 간의 이격 거리를 조절한다. 이러한 거동은 인가된 전위차의 극성에 상관없이 동일하다. 이와 같이 해서, 반사성 화소 상태 대 비반사성 화소 상태를 제어할 수 있는 행/열방향 작동은 종래의 LCD 및 기타 표시장치 기술에서 이용되는 것과 많은 방식에 있어서 유사하다.
- [0020] 도 2 내지 도 5b는 디스플레이 적용에 있어서 간섭계 변조기들의 어레이를 사용하기 위한 하나의 예시적 과정 및 시스템을 예시한다.
- [0021] 도 2는 본 발명의 양상들을 내포할 수도 있는 전자 장치의 일 실시형태를 예시한 시스템 블록도이다. 예시적인 실시형태에 있어서, 전자 장치는 프로세서(21)를 포함하는 데, 이 프로세서는 ARM, 펜티엄(Pentium)(등록상표), 펜티엄 II(등록상표), 펜티엄 III(등록상표), 펜티엄 IV(등록상표), 펜티엄(등록상표) Pro, 8051, MIPS(등록상표), Power PC(등록상표), ALPHA(등록상표)와 같은 범용 단일 칩 프로세서 또는 멀티 칩 마이크로 프로세서, 또는 디지털 신호 프로세서, 마이크로제어기와 같은 소정의 특수 목적의 마이크로프로세서, 또는 프로그래밍가능한 게이트 어레이일 수도 있다. 당업계에 있어서 통상적인 바와 같이, 상기 프로세서(21)는 하나 이상의 소프트웨어 모듈을 실행하도록 구성될 수도 있다. 오퍼레이팅 시스템(operating system)의 실행과 더불어, 상기 프로세서는 웹 브라우저(web browser), 전화 애플리케이션(application), 이메일 프로그램 또는 기타 임의의 소프트웨어 애플리케이션을 비롯한 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 실행하도록 구성될 수도 있다.
- [0022] 일 실시형태에 있어서, 프로세서(21)는 또한 어레이 드라이버(22)와 통신하도록 구성된다. 일 실시형태에 있어서, 어레이 드라이버(22)는 디스플레이 어레이 혹은 패널(30)에 신호를 제공하는 행방향 드라이버 회로(24) 및 열방향 드라이버 회로(26)를 포함한다. 도 1에 예시된 어레이의 단면은 도 2의 1-1선에 의해 표시된다. MEMS 간섭계 변조기에 대해서, 행/열방향 작동 프로토콜은 도 3에 도시된 이들 장치의 히스테리시스 특성을 이용할 수도 있다. 예를 들어, 이완 상태에서 작동 상태로 이동식 층을 변형시키기 위해 10 볼트의 전위차가 필요할 수도 있다. 그러나, 이러한 값으로부터 전압이 감소될 경우, 전압이 10 볼트 미만으로 다시 떨어질 때에 이동식 층은 그 상태를 유지한다. 도 3의 예시적 실시형태에 있어서, 전압이 2 볼트 미만으로 떨어질 때까지 이동식 층은 완전히 이완되지 않는다. 이와 같이 해서, 도 3에 예시된 예에서 약 3 내지 7V의 인가된 전압의 차이



존재하고, 이 범위 내에서 장치가 이완 또는 작동 상태에서 안정적이다. 이것을 여기서는 "히스테리시스 창"(hysteresis window) 또는 "안정성 창"(stability window)이라고 칭한다. 도 3의 히스테리시스 특성을 가지는 디스플레이 어레이에 대해서, 행방향 스트로빙(strobing) 동안 스트로빙된 행에 있는 작동될 화소들이 약 10 볼트의 전압차에 노출되고, 이완될 화소들이 0 볼트에 근접한 전압차에 노출되도록 행/열방향 작동 프로토콜을 설계할 수 있다. 스트로빙 후에, 화소들은 약 5 볼트의 정상 상태 전압차에 노출되므로, 이들은 행방향 스트로빙이 화소들을 어떤 상태에 두었던지 그 상태를 유지하게 된다. 이러한 예에서, 각 화소는, 기록된 후에, 3 내지 7 볼트의 "안정성 창" 내에서 전위차를 보인다. 이러한 특성으로 작동 또는 이완의 기존 상태에서 동일한 인가 전압 조건 하에서 도 1에 예시된 화소 설계가 안정화된다. 간접적 변조기의 각 화소는 작동 상태인지 혹은 이완 상태인지에 따라 본질적으로 고정식 반사층 및 이동식 반사층에 의해 형성된 커패시터이기 때문에, 이러한 안정한 상태는 전력 손실이 거의 없이 히스테리시스 창 내의 전압에서 유지될 수 있다. 인가된 전위가 고정되어 있다면 화소로 들어가는 전류 흐름은 실질적으로 없다.

[0023] 전형적인 응용에 있어서, 제1행에 있는 원하는 세트의 작동 화소에 따라 열방향 전극 세트를 어서트(assert)함으로써 표시 프레임을 생성할 수도 있다. 다음에, 행방향 펄스가 제1행의 전극에 인가되어 어서트된 열방향 라인에 대응하는 화소를 작동시킨다. 그 후, 어서트된 세트의 열방향 전극은 제2행에 있는 원하는 세트의 작동 화소에 대응하도록 변경된다. 이어서, 펄스가 제2행의 전극에 인가되어, 어서트된 열방향 전극들에 따라서 제2행에 있는 적절한 화소들을 작동시킨다. 제1행의 화소들은 제2행의 펄스의 영향을 받지 않고 제1행의 펄스 동안 그들이 설정되었던 상태로 유지된다. 이것은 프레임을 작성하기 위하여 일련의 전체 행들에 대해서 순차적으로 반복될 수도 있다. 일반적으로, 이러한 과정을 초당 원하는 프레임 수만큼 계속적으로 반복함으로써 프레임들은 새로운 표시 데이터로 리프레시(refresh) 및/또는 갱신된다. 더불어, 표시 프레임을 작성하는 화소 어레이의 행방향 전극 및 열방향 전극을 구동하기 위한 매우 다양한 프로토콜은 잘 알려져 있고, 이것은 본 발명과 관련하여 사용될 수도 있다.

[0024] 도 4, 도 5a 및 도 5b는 도 2의 3×3 어레이 위에 표시 프레임을 생성하기 위한 하나의 가능한 작동 프로토콜을 예시한다. 도 4는 도 3의 히스테리시스 곡선을 나타내는 화소를 위해 사용될 수도 있는 가능한 세트의 행방향 전압 레벨들 및 열방향 전압 레벨들을 예시한다. 도 4의 실시형태에서, 화소를 작동시키기 위해서는 적절한 열을  $-V_{bias}$ 로 설정하고 적절한 행을  $+\Delta V$ 로 설정하는 것이 필요한데,  $-V_{bias}$  및  $+\Delta V$ 는 각각 -5 볼트 및 +5 볼트에 대응한다. 화소에 대한 볼트 전위차가 0이 되는 동일한  $+\Delta V$ 로 적절한 행을 설정하고  $+V_{bias}$ 로 적절한 열을 설정함으로써 화소의 이완을 수행한다. 행방향 전압이 0볼트로 유지되는 이들 행에서, 열이  $-V_{bias}$ 이거나  $+V_{bias}$ 인 것에 상관없이, 화소들은 그들의 원래 상태가 어떠한 안정하다. 도 4에 또한 예시된 바와 같이, 앞서 설명한 것과 반대 극성의 전압이 사용될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 예를 들어, 화소를 작동시키는 것은 적절한 열을  $+V_{bias}$ 로 설정하고 적절한 행을  $-\Delta V$ 로 설정하는 것을 수반할 수 있다. 본 실시형태에 있어서, 화소에 대한 0 볼트 전위차를 생성하는 동일한  $-\Delta V$ 로 적절한 행을 설정하고  $-V_{bias}$ 로 적절한 열을 설정함으로써 화소의 이완을 수행한다.

[0025] 도 5b는 도 5a에 예시된 디스플레이 구성으로 되는 도 2의 3×3 어레이에 인가되는 일련의 행방향 신호 및 열방향 신호를 나타낸 타이밍도로서, 여기서 작동 화소들은 비반사형이다. 도 5a에 예시된 프레임을 기록하기에 앞서, 화소들은 임의의 상태에 있을 수 있고, 이 예에서, 모든 행들은 0볼트이고 모든 열들은 +5 볼트이다. 이들 인가 전압에 의하면, 화소는 모두 그들의 기존의 작동 또는 이완 상태에서 안정하다.

[0026] 도 5a의 프레임에서, (1,1), (1,2), (2,2), (3,2) 및 (3,3) 화소들이 작동된다. 이것을 달성하기 위해서, 제1행에 대한 "라인 시간"(line time) 동안 제1열과 제2열은 -5볼트로 설정되고, 제3열은 +5볼트로 설정된다. 이것은 임의의 화소들의 상태를 변화시키지 않는 데, 그 이유는 모든 화소들이 3 내지 7볼트 안정성 창에 유지되기 때문이다. 다음에, 제1행은 0볼트에서 5볼트까지 가고 다시 0볼트로 가는 펄스로 스트로빙된다. 이것은 (1,1) 화소 및 (1,2) 화소를 작동시키고 (1,3) 화소를 이완시킨다. 어레이 내의 다른 화소들은 영향을 받지 않는다. 원하는 바와 같이 제2행을 설정하기 위하여, 제2열을 -5볼트로 설정하고 제1열 및 제3열을 +5볼트로 설정한다. 다음에, 제2행에 인가된 동일한 스트로브(strobe)는 (2,2) 화소를 작동시키고 (2,1) 및 (2,3) 화소를 이완시킬 것이다. 재차, 어레이의 다른 화소들은 영향받지 않는다. 제3행은 제2열 및 제3열을 -5볼트로 설정하고 제1열을 +5볼트로 설정함으로써 마찬가지로 설정된다. 제3행의 스트로브는 도 5a에 도시된 바와 같이 제3행의 화소들을 설정한다. 프레임을 기록한 후에, 행방향 전위들은 0이고 열방향 전위들은 +5볼트 또는 -5볼트로 유지될 수 있게 되어, 디스플레이는 도 5a의 구성에서 안정적이다. 수십 또는 수백 개의 행과 열들을 가진 어레이들에 대해서 동일한 과정을 이용할 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 또, 행 및 열 작동을 수행시

키는 데 사용되는 타이밍, 수순 및 전압 레벨들은 상기의 일반적인 원리 범위 안에서 매우 다양할 수 있고, 상기 예는 다만 예시적인 것에 불과하며, 다른 작동 전압 방법이 본 명세서에 기재된 시스템 및 방법과 함께 사용될 수 있다는 것을 또한 이해할 수 있을 것이다.

- [0027] 도 6a 및 도 6b는 표시장치(40)의 일 실시형태를 예시한 시스템 블록도이다. 예를 들어, 표시장치(40)는 이동 전화기 또는 휴대 전화기일 수 있다. 그러나, 표시장치(40)의 동일한 구성 요소들 또는 그것의 약간의 변경으로는 또한 텔레비전, 휴대용 미디어 플레이어 및 컴퓨터와 같은 다양한 유형의 표시장치를 들 수 있다.
- [0028] 표시장치(40)는 하우징(housing)(41), 디스플레이(30), 안테나(43), 스피커(45), 입력 장치(48) 및 마이크(46)를 포함한다. 일반적으로 하우징(41)은 사출 성형 및 진공 성형을 비롯한 당업자들에게 잘 알려진 다양한 제조 과정들 중의 어떤 것으로 형성된다. 또한, 하우징(41)은 플라스틱, 금속, 유리, 고무 및 세라믹, 또는 이들의 조합을 포함하지만, 이들로 한정되지 않는 다양한 재료 중의 어떤 것으로 만들어질 수도 있다. 일 실시형태에 있어서, 하우징(41)은 다른 색깔을 가지거나 다른 로고, 그림 또는 기호를 포함하는 분리 가능한 부분들과 호환될 수도 있는 분리 가능한 부분(도시 생략)을 포함한다.
- [0029] 예시적인 표시장치(40)의 디스플레이(30)는, 여기에서 설명되는 바와 같이, 쌍안정 디스플레이를 비롯한 다양한 디스플레이들 중의 어떤 것일 수도 있다. 다른 실시형태에 있어서, 디스플레이(30)는 앞서 설명한 바와 같은 플라스마, EL, OLED, STN LCD 또는 TFT LCD와 같은 평판형 디스플레이, 또는 CRT나 다른 종류의 관(tube) 장치와 같은 비평판형(non-flat-panel) 디스플레이를 포함한다. 그러나, 본 실시형태를 설명할 목적으로, 상기 디스플레이(30)는 여기에서 설명하는 바와 같이 간접적 변조기 디스플레이를 포함한다.
- [0030] 예시적 표시장치(40)의 일 실시형태의 구성 요소들은 도 6b에 개략적으로 도시되어 있다. 도시된 예시적 표시장치(40)는 하우징(41)을 포함하고 적어도 그 속에 부분적으로 수용된 추가적인 구성 요소들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일 실시형태에 있어서, 예시적 표시장치(40)는 트랜스시버(47)에 결합된 안테나(43)를 포함하는 네트워크 인터페이스(27)를 포함한다. 트랜스시버(47)는 컨디셔닝 하드웨어(conditioning hardware)(52)에 연결된 프로세서(21)에 접속된다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 신호를 조절(예를 들어, 신호를 필터링)하도록 구성될 수도 있다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 스피커(45) 및 마이크(46)에 연결된다. 프로세서(21)는 입력 장치(48) 및 드라이버 제어기(29)에도 연결된다. 드라이버 제어기(29)는 프레임 버퍼(frame buffer)(28)에 그리고 어레이 드라이버(22)에 결합되고, 어레이 드라이버(22)는 이어서 디스플레이 어레이(30)에 결합된다. 전력 공급 장치(50)는 특정한 예시적 표시장치(40) 설계에 요구되는 바와 같이 모든 구성 요소들에 전력을 제공한다.
- [0031] 네트워크 인터페이스(27)는 예시적 표시장치(40)가 네트워크를 통하여 하나 이상의 장치와 통신할 수 있도록 안테나(43) 및 트랜스시버(47)를 포함한다. 일 실시형태에 있어서, 네트워크 인터페이스(27)는 프로세서(21)의 요건을 완화시킬 수 있는 몇몇 처리 능력도 가질 수 있다. 안테나(43)는 신호를 송수신하기 위해, 당업자들에게 알려진 소정의 안테나이다. 일 실시형태에 있어서, 안테나는 IEEE 802.11(a), (b) 또는 (g)를 비롯한 IEEE 802.11 표준에 따라서 RF 신호를 송수신한다. 다른 실시형태에 있어서, 안테나는 블루투스(BLUETOOTH) 표준에 따라서 RF 신호를 송수신한다. 이동 전화기의 경우, 안테나는 CDMA, GSM, AMPS 또는 무선 이동 전화 네트워크 내에서 통신하기 위해 사용되는 기타 공지된 신호를 수신하도록 설계되어 있다. 트랜스시버(47)는 안테나(43)로부터 수신된 신호를 미리 처리하여 이 신호가 프로세서(21)에 의해 수신되고 나아가 조작될 수도 있다. 또, 트랜스시버(47)는 프로세서(21)로부터 수신된 신호도 처리하여 이 신호가 안테나(43)를 거쳐서 예시적 표시장치(40)로부터 전송될 수 있게 한다.
- [0032] 대안적인 실시형태에 있어서, 트랜스시버(47)는 수신기 혹은 송신기로 대체될 수 있다. 또 다른 대안적인 실시형태에 있어서, 네트워크 인터페이스(27)는 프로세서(21)에 전송될 화상 데이터를 저장하거나 생성할 수 있는 이미지 소스(즉, 화상 공급원(image source))로 대체될 수 있다. 예를 들어, 화상 공급원은 화상 데이터를 포함하는 디지털 비디오 디스크(DVD: digital video disc)나 하드 디스크 드라이브, 또는 화상 데이터를 생성하는 소프트웨어 모듈일 수 있다.
- [0033] 프로세서(21)는 일반적으로 예시적 표시장치(40)의 전체적인 동작을 제어한다. 프로세서(21)는 네트워크 인터페이스(27) 또는 화상 공급원으로부터의 압축된 화상 데이터와 같은 데이터를 수신하고, 해당 데이터를 원천 화상 데이터(raw image data)로 또는 원천 화상 데이터로 즉시 처리할 수 있는 포맷으로 처리한다. 그 후, 프로세서(21)는 처리된 데이터를 드라이버 제어기(29)로 또는 저장을 위해 프레임 버퍼(28)로 전송한다. 원천 데이터는 전형적으로 화상 내의 각각의 위치에서 화상 특성들을 식별하는 정보를 의미한다. 예를 들어, 이러한 화상 특성들은 색깔, 채도(saturation) 및 계조 레벨(gray-scale level)을 포함할 수 있다.

- [0034] 일 실시형태에서, 프로세서(21)는 예시적 표시장치(40)의 동작을 제어하는 마이크로 제어기, CPU 또는 논리 유닛을 포함한다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 일반적으로 신호를 스피커(45)에 전송하기 위해, 그리고 마이크(46)로부터 신호를 수신하기 위해 증폭기들 및 필터들을 포함한다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 예시적 표시장치(40) 내에 있는 별도의 구성 요소일 수도 있거나 프로세서(21) 혹은 기타 구성 요소들 내에 내장되어 있을 수도 있다.
- [0035] 드라이버 제어기(29)는 프로세서(21)에서 생성된 원천 화상 데이터를 프로세서(21)로부터 혹은 프레임 버퍼(28)로부터 직접 취하여 어레이 드라이버(22)로 고속 전송하기 위해 원천 화상 데이터를 적절하게 재포맷한다. 특히, 드라이버 제어기(29)는 원천 화상 데이터를 래스터 유사 포맷(raster like format)을 가진 데이터 흐름으로 재포맷하여 디스플레이 어레이(30)에 걸쳐 스캐닝하기에 적합한 시간 순서를 가진다. 다음에, 드라이버 제어기(29)는 포맷된 정보를 어레이 드라이버(22)에 전송한다. 비록 LCD 제어기와 같은 드라이버 제어기(29)가 자립형 집적 회로(stand-alone Integrated Circuit(IC))로서 시스템 프로세서(21)와 종종 연관되지만, 이러한 제어기들은 다양한 방법으로 구현될 수도 있다. 이들은 프로세서(21) 내에 하드웨어로서 삽입될 수 있거나, 소프트웨어로서 프로세서(21) 내에 삽입될 수도 있거나, 또는 어레이 드라이버(22)와 함께 하드웨어에 완전히 일체화될 수도 있다.
- [0036] 전형적으로, 어레이 드라이버(22)는 포맷된 정보를 드라이버 제어기(29)로부터 수신하고 디스플레이의 x-y 매트릭스 화소들로부터 나온 수백, 때로는 수천개의 인출선에 초당 여러 번 인가되는 병렬 세트의 파형들로 비디오 데이터를 재포맷한다.
- [0037] 일 실시형태에 있어서, 드라이버 제어기(29), 어레이 드라이버(22) 및 디스플레이 어레이(30)는 여기서 설명하는 디스플레이들의 유형 중 어느 것에나 적합하다. 예를 들어, 일 실시형태에 있어서, 드라이버 제어기(29)는 종래의 디스플레이 제어기 또는 쌍안정 디스플레이 제어기(예를 들어, 간섭계 변조기 제어기)이다. 다른 실시형태에 있어서, 어레이 드라이버(22)는 종래의 드라이버 또는 쌍안정 디스플레이 드라이버(예를 들어, 간섭계 변조기 디스플레이)이다. 일 실시형태에 있어서, 드라이버 제어기(29)는 어레이 드라이버(22)와 일체형이다. 이러한 일 실시형태는 이동 전화기, 시계 및 기타 소형 디스플레이와 같은 고집적 시스템에 있어서 일반적이다. 또 다른 실시형태에 있어서, 디스플레이 어레이(30)는 전형적인 디스플레이 어레이 또는 쌍안정 디스플레이 어레이(예를 들어, 간섭계 변조기들의 어레이를 포함하는 디스플레이)이다.
- [0038] 입력 장치(48)는 사용자로 하여금 예시적 표시장치(40)의 동작을 제어하도록 한다. 일 실시형태에 있어서, 입력 장치(48)는 QWERTY 키보드 또는 전화기 키패드와 같은 키패드, 버튼, 스위치, 터치 센스 스크린, 감압막 또는 감열막을 포함한다. 일 실시형태에 있어서, 마이크(46)는 예시적 표시장치(40)에 대한 입력 장치이다. 이 장치에 데이터를 입력하기 위해 마이크(46)가 사용되는 경우, 음성 명령들이 사용자에게 의해 제공되어 예시적 표시장치(40)의 동작들을 제어할 수도 있다.
- [0039] 전력 공급 장치(50)는 당업계에 잘 알려져 있는 다양한 에너지 저장 장치들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일 실시형태에 있어서, 전력 공급 장치(50)는 니켈-카드뮴 배터리 또는 리튬 이온 배터리와 같은 충전용 배터리이다. 다른 실시형태에 있어서, 전력 공급 장치(50)는 재생 가능 에너지 원, 커패시터, 또는 플라스틱 태양 전지, 태양 전지 도료를 비롯한 태양 전지이다. 다른 실시형태에 있어서, 전력 공급 장치(50)는 벽에 붙은 콘센트에서 전력을 받도록 구성된다.
- [0040] 소정의 실시형태에 있어서, 제어 프로그램은 앞서 설명한 바와 같이 전자 디스플레이 시스템 안의 몇몇 장소에 위치될 수 있는 드라이버 제어기 내에 존재한다. 소정의 실시형태에 있어서, 제어 프로그램은 어레이 드라이버(22) 내에 존재한다. 당업자들은 앞서 설명한 최적화 조건들을 다수의 하드웨어 및/또는 소프트웨어 구성 요소들 및 다양한 형태로 구현할 수도 있다는 것을 인식할 것이다.
- [0041] 앞서 설명한 원리들에 따라서 작동되는 간섭계 변조기의 상세한 구조는 매우 다양할 수 있다. 예를 들어, 도 7a 내지 도 7e(이하 간단히 일괄적으로 "도 7"이라 칭할 경우도 있음)는 이동식 반사층(14) 및 그의 지지 구조체의 다섯 개의 서로 다른 실시형태를 나타낸다. 도 7a는 도 1의 실시형태의 단면도인데, 여기서 금속 재료(14)의 스트립은 직교 방향으로 연장된 지지부(18) 상에 증착된다. 도 7b에 있어서, 이동식 반사층(14)은 줄(tether)(32) 상에 단지 모서리에서 지지부에 부착된다. 도 7c에 있어서, 이동식 반사층(14)은 가요성 금속을 포함할 수도 있는 변형가능한 층(34)으로부터 매달려 있다. 이 변형가능한 층(34)은 해당 변형가능한 층(34) 주변의 기판(20)에 직접적으로 혹은 간접적으로 접촉된다. 이들 접촉부(혹은 연결부)는 여기서는 지지 기둥부라고도 칭한다. 도 7d에 나타난 실시형태는 변형가능한 층(34)이 안착되는 지지 기둥 플러그(42)를 가진다. 이동식 반사층(14)은 도 7a 내지 도 7c에 있어서와 마찬가지로 간극부 위에 매달린 채 유지되지만, 변형가능한



층(34)은 해당 변형가능한 층(34)과 광학적 적층부(16) 사이의 구멍들을 채움으로써 지지 기둥부를 형성하지 않는다. 오히려, 지지 기둥부는 평탄화 재료로 형성되고, 이것은 지지 기둥 플러그(42)를 형성하는 데 이용된다. 도 7e에 나타난 실시형태는 도 7d에 나타난 실시형태에 의거한 것이지만, 도 7a 내지 도 7c에 나타난 실시형태 뿐만 아니라 도시하지 않은 추가적인 실시형태의 어느 것과 함께 작용하도록 적합화될 수도 있다. 도 7e에 나타난 실시형태에 있어서, 금속 또는 기타 전도성 재료의 여분의 층은 버스 구조체(44)를 형성하는 데 이용되어 왔다. 이것에 의해 신호가 간접계 변조기의 이면을 따라 송신될 수 있고, 그렇지 않으면 기관(20) 상에 형성될 수도 있는 다수의 전극을 제거할 수 있다.

[0042] 도 7에 나타난 것과 같은 실시형태에 있어서, 간접계 변조기는 직시형(direct-view) 장치로서 기능하는 데, 여기서 화상들은 투명한 기관(20)의 앞면 쪽으로부터 보이고 그 반대편에는 변조기들이 배열되어 있다. 이들 실시형태에 있어서, 반사층(14)은 변형가능한 층(34)을 비롯한, 기관(20)의 반대편의 반사층 쪽에 있는 간접계 변조기의 일부를 광학적으로 차단한다. 이것에 의해 상기 차단된 영역은 화질에 부정적으로 영향을 미치는 일없이 구성되고 작동될 수 있게 된다. 이러한 차단은 도 7e에서 버스 구조체(44)를 허용하며, 이것은 어드레싱 및 그 어드레싱으로부터 기인하는 이동 등과 같은, 상기 변조기의 전자기계 특성으로부터 해당 변조기의 광학적 특성을 분리시키는 능력을 제공한다. 이 분리가능한 변조기 구조체로 인해 해당 변조기의 광학적 측면들 및 전자기계적 측면들에 대해 사용되는 재질들 및 구조 설계가 선택되어 서로 독립적으로 기능하게 된다. 더욱이, 도 7c 내지 도 7e에 도시된 실시형태는 변형가능한 층(34)에 의해 수행되는, 기계적 특성들로부터 반사층(14)의 광학적 특성들을 분리함으로써 얻어지는 추가적인 장점들을 가진다. 이로 인해 반사층(14)에 사용되는 구조 설계 및 재질들이 광학적 특성에 대해서 최적화되고, 변형가능한 층(34)에 사용되는 구조 설계 및 재질들이 원하는 기계적 특성에 대해서 최적화된다.

[0043] 이하의 설명은 MEMS 스위치, 및 편향 혹은 변형된 전극 및/또는 미러를 지닌 기타 소자 등과 같은 광범위한 MEMS 소자의 구동전압을 제공, 모니터링 및 적합화하는데 이용되는 방법 및 장치에 관한 것이다. 개시된 구체적인 예는 간접계 변조기를 소자로서 이용하고 있지만, 개시된 원리는 기타 MEMS 소자에도 적용된다.

[0044] 간접계 변조기 기술을 기반으로 하는 것과 같은 디스플레이 디바이스는 전자적으로 및/또는 기계적으로 측정 및 평가될 수 있다. 디스플레이 기술에 따라, 이들 측정은 디스플레이 모듈의 보정의 일부(여기서 지칭되는 디스플레이 "모듈"은 디스플레이 패널, 디스플레이 드라이버, 및 케이블 등과 같은 관련 부품을 포함함)를 형성할 수 있고, 측정 변수는 장래의 사용을 위해 디스플레이 모듈 내의 불휘발성 메모리(예컨대, NVRAM)에 저장될 수 있다. 도 3을 참조하여 위에서 설명된 바와 같이, 간접계 변조기들은 이들에 인가된 전위차에 의거해서 동작한다. 도 3은, 간접계 변조기들이 그들의 전극 사이에 인가된 전위차의 크기에 따라 이완 상태(혹은 해제 상태(released state)) 혹은 작동 상태에 있는 것을 도시하고 있다. 도시된 바와 같이, 하나의 상태에서 다른 상태로의 변화는 안정성(혹은 유지) 창을 지닌 히스테리시스 특성에 따라 일어나며, 여기서 디바이스는 인가된 전위차가 유지 창 내에 있을 경우 그의 현재의 상태를 유지한다. 본 명세서에서 이용되는 바와 같이, "바이어스 전압"이란 유지 창 내에 들어가는 전위차를 의미한다. 따라서, 도 3에 도시된 바와 같이, 몇몇 실시형태에서 5개의 입력 전압차 범위가 있다. 이 5개의 입력 전압차 범위의 각각은 간접계 변조기의 상태에 대한 그의 효과를 반영하는 타이틀을 지닌다. 도 3의 왼쪽으로부터 시작해서, 1) 음의 작동("작동"); 2) 음의 유지("안정성 창"); 3) 해제("이완"); 4) 양의 유지("안정성 창"); 및 5) 양의 작동("작동")이다.

[0045] 디바이스의 이론적인 이해 및 과거 실험결과에 의거해서, 이들 입력 전압차 범위 간의 역치의 근사치는 공지되어 있을 수 있지만, 간접계 변조기 어레이를 더욱 최적으로 작동시키기 위하여, 역치 전압은 더욱 정밀하게 측정될 수 있다. 예를 들어, 이하에 더욱 상세히 설명하는 바와 같이, 역치는 디바이스에 따라, 로트에 따라, 온도에 대해서 및/또는 디바이스 사용년수에 따라 다를 수 있다. 역치는 따라서 각 제작된 디바이스 혹은 디바이스의 그룹에 대해서 측정될 수 있다. 역치 전압을 측정하는 하나의 방법은 간접계 변조기의 광학 특성의 관찰을 통해서 해당 간접계 변조기의 상태를 모니터링하면서 각종 전압치의 입력을 적용하는 것이다. 이것은, 예를 들어, 인간의 관찰을 통해서 혹은 광학 측정 장치의 사용에 의해 달성될 수 있다. 부가적으로 혹은 대안적으로, 간접계 변조기의 상태는 전자 응답 측정을 통해서 모니터링될 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 진술한 디스플레이 어레이(30)의 어레이 드라이버(22)는 이하에 설명된 방법에 따라서 표시소자의 상태 및/또는 동작 특성을 결정하기 위하여 표시소자의 전기적 응답을 측정하도록 구성될 수 있다.

[0046] 종종, 디스플레이 디바이스의 거동은 디스플레이 디바이스의 사용년수, 디스플레이의 온도 변화, 표시되고 있는 화상의 콘텐츠 등에 따라 변화한다. 디스플레이 디바이스는 혹은 광학 상태와 관련하여 변화하는 하나 이상의 전기적 변수를 지닐 수 있다. 진술한 바와 같이, 간접계 변조기는 반사층과 광학적 적층부가 이완 상태에서 반사층을 유지하기 위해 기계적 회복력을 극복하기에 충분히 클 경우 작동 상태로 설정된다. 반사층, 광학적 적

충부 및 이들 사이의 간극이 유전체에 의해 이간된 두 전도성 기관을 형성하기 때문에, 해당 구조체는 전기용량을 지닌다. 또한, 상기 구조체의 전기용량이 두 기관 사이의 거리에 따라서 변하기 때문에, 해당 구조체의 전기용량은 간접계 변조기의 상태에 따라서 변화한다. 그러므로, 전기용량의 지표는 간접계 변조기의 상태를 결정하는데 이용될 수 있다.

[0047] 일 측면에 있어서, 전기용량의 지표는, 예를 들어, 반사층과 광학적 적층부 사이에 인가된 전압을 변화시키는데 이용되는 전류 혹은 전하를 감지함으로써 얻어질 수 있다. 비교적 높은 양의 전류 혹은 전하는 전기용량이 비교적 크다는 것을 나타낸다. 마찬가지로, 비교적 낮은 양의 전류 혹은 전하는 전기용량이 비교적 작다는 것을 나타낸다. 전류 혹은 전하의 감지는, 예를 들어, 전하 혹은 전류를 나타내는 신호의 아날로그 혹은 디지털 방식 적산(integration)을 통해서 달성될 수 있다.

[0048] 마찬가지로 특성은 디바이스의 전기용량이 소정 온도에서 전지의 얻어지는 광학적 휘도와 관련되어 있는 LCD 디스플레이 기술에 적용될 수 있다. 사용년수에 따라 변화할 수 있는 표시소자의 동작 특성에 부가해서, 해당 동작 특성은 표시소자의 온도에 의해 영향받을 수 있다. 표시소자의 온도는 표시된 과거의 광학 응답 상태에 의존할 수 있고, 따라서, 동작 특성은 디스플레이 디바이스의 디스플레이 어레이에서의 각 표시소자에 대해서 독립적으로 변화할 수 있다.

[0049] 일 실시형태에 있어서, 간접계 변조기 MEMS 디바이스에 대한 히스테리시스 전압과 응답시간, 및 LCD 디바이스에 대한 휘도-전압 관계와 같이 디스플레이 디바이스의 관련된 특성은, 교정 절차 동안 공장에서 제조 후 측정된다. 이 정보는 이어서 디스플레이 디바이스를 구동하는데 이용되는 디스플레이 모듈을 메모리에 저장될 수 있다. 디스플레이 디바이스의 특성은 또한 온도 및 사용년수에 따라 변화할 수 있고, 예를 들어, 이들 특성(예컨대, 온도 계수)에 대한 온도 및 노화의 효과는 연구되고 측정되어, 디스플레이 모듈의 메모리에 저장되거나 하드웨어에 내장될 수 있다. 그러나, 이 제작 후 평가에도 불구하고, 표시 디스플레이에 내장된 교정 허용범위(calibration margin)는 표시 디스플레이의 특성의 예측불가능한 변화를 허용하지 않을 수 있다. 몇몇 경우에 있어서, 디스플레이 디바이스의 수명 및 품질은, 온도의 변화 등에 의거해서, 랜덤한 길이 주기 기반에 대한 소정 기간(예컨대, 1년) 사용 후 디바이스의 재교정을 수행함으로써 개선될 수 있다. 다른 경우에, 구동 체계는 이러한 재교정 없이 디스플레이 디바이스의 특성 변화를 보상하기에 충분히 강인할 수도 있다. 이러한 재교정 및 강인한 구동 체계의 예는 이하에 설명된다.

[0050] 도 8은 디스플레이 어레이(102)를 구동하여, 선택된 표시소자, 예컨대 도 1의 간접계 변조기(12a), (12b)의 전기적 응답을 측정하도록 구성된 시스템(100)의 일례를 도시한 블록도이다. 디스플레이 어레이(102)는 m열 × n행의 N-성분 화소(예컨대, N은 예를 들어 적색, 녹색 및 청색을 포함하는 3개의 표시소자일 수 있음)를 포함한다. 상기 시스템(100)은 2개 이상의 구동전압 레벨을 공급하는 2개 이상의 디지털 대 아날로그 컨버터(DAC)(104)뿐만 아니라 데이터 신호가 공급되는 열을 선택하기 위한 스위치 서브시스템(106)을 추가로 포함한다. 상기 시스템(100)은 또한 2개 이상의 구동전압 레벨을 공급하기 위한 2개 이상의 DAC(108)뿐만 아니라 스트로빙 행을 선택하기 위한 행 스위치 회로(110)를 추가로 포함한다. 단, 이 개략도에서 디스플레이 어레이에 직접 접속된 행방향 드라이버 및 열방향 드라이버는 스위치로 구성되어 있지만, 이하에 설명하는 수개의 방법은 전체 아날로그 디스플레이 드라이버를 포함하는 대안적인 드라이버 설계에도 적용가능하다. 단, 구동전압이 여기에 기재되어 있지만, 구동 전류 혹은 구동 전하 등과 같은 다른 구동 신호도 이용될 수 있다.

[0051] DAC(104), (108) 및 스위치(106), (110)를 포함하는 행방향 드라이버 및 열방향 드라이버 회로는 어레이 드라이버(112)의 디지털 로직(digital logic)에 의해 제어된다. 도 2 및 도 3을 참조하여 위에서 설명한 바와 같이, 어레이 드라이버(112)의 디지털 로직에 포함된 행/열방향 작동 프로토콜은 간접계 변조기 MEMS 장치의 히스테리시스 특성을 활용할 수 있다. 예를 들어, 도 3의 히스테리시스 특성을 지니는 간접계 변조기(12)를 포함하는 디스플레이 어레이에서, 행/열방향 작동 프로토콜은, 열방향 스트로빙 동안, 작동될 스트로빙된 행 내에 있는 표시소자가 작동 전압차(예컨대, 약 10볼트)에 노출되고, 이완될 표시소자가, 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이, 제로 볼트에 가까운 전압차에 노출되도록 설계될 수 있다. 스트로빙 후, 표시소자들은 행방향 스트로빙이 소자들을 어떤 상태에 두었던지 그 상태를 유지하도록 바이어스 전압(예컨대, 약 5볼트)으로서 공지된 정상 상태 전압차에 노출된다. 기록 후, 각 표시소자는 이 예에서는 3 내지 7볼트의 "안정성 창" 내의 전위차를 보인다. 그러나, 전술한 바와 같이, 표시소자의 특성은 시간 및/또는 온도에 따라 변화할 수 있거나 혹은 상이한 구동전압 레벨로 더욱 신속하게 혹은 느리게 응답할 수 있다. 이와 같이, 어레이 드라이버(112) 및 DAC(104), (108)는 실시형태에 따라 다양한 전압레벨을 공급하도록 구성될 수 있다.

[0052] 상기 구동 회로(DAC(104), (108), 스위치(106), (110) 및 어레이 드라이버(112)를 포함함)에 부가해서, 시스템

(100)의 나머지 블록은 선택된 표시소자에 추가의 전기적 자극을 인가할 수 있는 동시에 또한 디스플레이 어레이(102) 내의 선택된 표시소자의 전기적 응답을 측정할 수 있다. 이 예에서, 디지털 대 아날로그 컨버터(DAC)(114), (116)는 각각 열 및 행 스위치(106), (110)를 통해서 디스플레이 어레이(102)에 추가의 전압을 공급한다. 일반적으로, 이들은 행방향 및 열방향 구동 회로에 내부 혹은 외부 전압 공급 입력을 나타낼 수 있다.

[0053] 이 예에서, 직접-디지털-합성(direct-digital-synthesis)(DDS1) 블록(118)은 열 스위치(106)에 접속된 DAC(114)에 의해 생성된 전압 레벨의 상부에 부가된 전기적 전압 자극을 발생하는데 이용된다. DDS1 블록(218)에 의해 생성된 자극 신호는 당업자에게 친숙한 전기적 발진기, 톱니형상 파형 발생기 등과 같은 수개의 대안적인 수단에 의해 발생될 수 있다. 각종 실시형태에 있어서, 자극은 전류 혹은 전하, 심지어 제어된 출력 임피던스인 것도 가능하다.

[0054] 도 8에 도시된 예에서, 디스플레이 어레이(102)의 전기적 응답은 각각 행 및/또는 열 스위치(206) 및 (210)를 통해서 행 및/또는 열방향 전극에 전기적 전압 자극의 인가로부터 기인되는 디스플레이 어레이(102)를 통해 흐르는 전류의 형태로 측정된다. 측정된 전기적 응답의 다른 형태는 전압 변동 등을 포함한다. 트랜스-임피던스 증폭기(trans-impedance amplifier)(120)(저항기(120A) 뒤에 증폭기(120B)가 오도록 도 8에 도시됨)는 전기적 응답을 측정하는데 이용될 수 있다. 측정된 전기적 응답이 대응되는 표시소자(들)는 열 및 행 스위치(106), (110)의 상태에 의존한다. 대안적인 실시형태에 있어서, 아날로그, 디지털 혹은 혼합 신호 처리는 디스플레이 어레이(102)의 전기적 응답의 측정의 목적을 위해서 이용될 수 있다.

[0055] 일 실시형태에 있어서, 표시소자의 전기적 응답은 트랜스-임피던스 증폭기(120)의 출력의 전류를 측정함으로써 직접 측정된다. 이 실시형태에 있어서, 프로파일 및/또는 피크치, 혹은 당업자에게 공지된 기타 특성은 표시소자의 소정의 동작 특성(operational characteristic)을 확인하는데 이용될 수 있다.

[0056] 다른 실시형태에 있어서, 측정 중인 표시소자의 동작 특성은 트랜스-임피던스 증폭기(120)로부터의 전기적 응답 출력의 추가의 후처리에 의해 평가될 수 있다. 도 8의 회로를 이용해서 간접계 변조기의 임피던스의 전기용량 및 저항 성분을 평가하는 후처리 기술을 이용하는 예에 대해 이제 기술한다.

[0057] 간접계 변조기가 커패시터로서 간주될 수 있으므로, DDS1(118)을 이용해서 인가될 수 있었던 것과 같은 주기적 자극은 주기적인 출력인  $90^\circ$  위상 지연을 지닌 전기적 응답으로 될 것이다. 예를 들어, DDS1(118)은 표시소자의 열방향 전극에 사인 전압 파형, 즉,  $\sin(\omega t)$ 를 인가할 수 있었다. 이상적인 커패시터에 대해서, 표시소자의 전기적 응답은 인가된 자극의 시간 도함수 혹은  $\cos(\omega t)$ 일 것이다. 따라서, 트랜스-임피던스 증폭기(120)의 출력은 또한 코사인 함수일 것이다. 제2 DDS인 DDS2(122)는 증배기(multiplier)(124)에서 트랜스-임피던스 증폭기(120)의 출력에 의해 증배된 코사인 전압 파형을 인가한다. 그 결과는 일정한 성분 및 주기적 성분을 지닌 파형이다. 증배기(124)의 출력의 일정한 성분은 표시소자의 전기용량에 비례한다. 필터(126)는 주기적 성분을 필터링하여, 전기용량, 따라서, 표시소자의 작동 혹은 비작동 상태를 평가하는데 이용되는 전기적 신호를 얻는 데 이용된다.

[0058] 이상적인 커패시터인 표시소자에 대해서, 트랜스-임피던스 증폭기(120)의 출력은 인가된 자극이 사인 함수인 경우의 예에 대해서 순수한 코사인 함수이다. 그러나, 표시소자가 예를 들어 누설로 인해 임의의 비용량성 임피던스를 나타낸다면, 트랜스-임피던스 증폭기(120)의 출력은 사인 성분도 포함할 것이다. 이 사인 성분은 필터(126)에 의해 필터링될 것이므로 전기용량의 측정치에 영향을 미치지 않는다. 사인 성분이 검출되어, 표시소자의 임피던스의 저항 부분을 평가하는데 이용될 수 있다.

[0059] DDS1에 인가된 자극과 유사한 주기적인 전압 파형, 예를 들어,  $\sin(\omega t)$ 는 증배기(128)에서 트랜스-임피던스 증폭기(120)의 출력에 의해 증배된다. 그 결과는 일정한 성분과 주기적 성분을 포함하는 전기적 응답이다. 일정한 성분은 측정 중인 표시소자의 임피던스의 저항 부분에 비례한다. 필터(130)는 표시소자의 임피던스의 저항 부분을 평가하는데 이용될 수 있는 신호로 되는 주기적 성분을 제거하는데 이용된다.

[0060] 필터의 출력은 이중 채널로 대 디지털 컨버터(DUAL ADC)(132)를 이용해서 디지털 영역으로 변환된다. DUAL ADC(132)의 출력은 전술한 방법을 수행하는데 이용하기 위한 어레이 드라이버(112)에 의해 수신된다.

[0061] 도 8에 도시된 회로예에 있어서, 평가 자극이 열방향 전극에 인가되고, 전기적 응답은 행방향 전극을 통해서 측정된다. 다른 실시형태에 있어서, 전기적 응답은, 예를 들어 자극이 인가되는 동일한 행방향 전극 혹은 열방향 전극으로부터 측정될 수 있다. 도 9는, 도 2의 간접계 변조기 디스플레이 디바이스 등과 같이, 선택된 표시소자에 자극을 인가하는데 이용되는 동일 회로를 통해서 선택된 표시소자의 전기적 응답을 측정하는 데 이용될 수 있는 회로(150)의 일례를 나타낸 블록도이다. 회로(150)는 표시소자에 인가된  $V_{out}$  신호를 구동하는데 이용되는



전류 공급원 트랜지스터(N2), (P2)로부터의 전류를 반영하는 트랜지스터(N1), (P1)를 포함한다. 따라서, 전류  $I_{out}$ 은  $V_{out}$  신호를 구동하는데 이용되는 전류와 실질적으로 동등하다. 따라서,  $I_{out}$  신호의 전기적 응답은, 간접 계 변조기가 낮은 혹은 높은 전기용량 상태에 있는지의 여부 등과 같은 간접계 변조기의 동작 특성을 결정하는데 이용될 수 있다. 기타 회로도 이용될 수 있다. 도 9에 도시된 회로(150)는 전압 파형  $V_{out}$ 을 공급하기 위한 대안적인 드라이버 IC 설계 혹은 구동 체계에 적용가능하다. 도 9의 개략도에 도시된 회로(150)는 전류 반송 회로 및 전류 피드백 증폭기에서 이용될 수 있고, 또한 전기적 감지의 목적을 위해서 디스플레이 어레이 영역에 전기적 응답 자극을 인가하고 동시에 상이한 편( $I_{out}$ )에 전류(응답)를 재생할 수 있다.

[0062] 도 8 및 도 9에 도시된 시스템에 의해 감지된 것들 등과 같은 측정된 전기적 응답은 디스플레이 드라이버 회로에 영향을 미치는 피드백 신호로서 이용될 수 있는 등 수 개의 방법이 있다. 예를 들어, 측정된 정보는 예컨대 어레이 드라이버(112) 및/또는 해당 어레이 드라이버(112)를 제어하도록 구성된 프로세서(예컨대, 도 2에 도시된 프로세서(21) 및 어레이 드라이버(22))의 디지털 로직을 이용해서, 디지털 도메인 내에서 분석되고 이어서 디스플레이 어레이(102)를 적응가능하게 구동하는데 이용될 수 있다. 측정된 전기적 응답은 또한 (예컨대, 도 8에 도시된 DAC(104), (114), (108) 및/또는 (116)의 출력을 이용해서 혹은 DDS1(118)의 출력을 이용해서) 아날로그 도메인 내의 피드백 루프를 완성하는데 이용될 수도 있다. 피드백으로서 측정된 전기적 응답을 이용해서 간접계 변조기 표시소자를 구동하는 방법의 예가 도 10a 내지 도 10c에 도시되어 있다.

[0063] 도 10a는 예를 들어 도 1에 도시된 간접계 변조기 등과 같은 표시소자를 구동하는 방법(200A)의 일례를 나타낸 순서도로, 여기서는 램핑된 구동전압이 이용된다. 일 실시형태에 있어서, 상기 방법(200A)은 디스플레이 어레이(102) 상에 화상을 표시하도록 도 8에 도시된 구동 회로(예컨대, DAC(104), (108), (114), 스위치(106), (110) 및 DDS1(118))를 제어하는 어레이 드라이버(112)에 의해 수행될 수 있다. 다른 실시형태에서는, 도 2에서의 프로세서(21) 등과 같은 프로세서가 방법(200A)을 수행할 수 있다. 해당 방법(200A)은 표시소자의 상태 변화가 감지된 경우 표시소자에 점차적으로 증가 혹은 감소하는 전압파형을 인가하고 전압 파형의 인가를 중단함으로써 구동전압 레벨을 적합화하는 방법을 제공한다. 이와 같이 해서, 표시소자를 작동 혹은 해제하는 구동 전압을 비롯한 인가 전압은 단지 필요한 만큼 변화되어 전력을 보존할 수 있다.

[0064] 상기 방법(200A)은, 어레이 드라이버(112)가 표시소자의 제1전극과 제2전극 사이에 구동전압을 인가하는 블록(202)에서 시작한다. 제1전극은 이동식 반사층(열방향 전극)(들)(14) 중 하나일 수 있고, 제2전극은 도 1에 도시된 간접계 변조기(12)들의 행방향 전극(16)들 중 하나일 수 있다. 블록(202)에서 인가된 구동전압은 히스테리시스 창 내의 바이어스 전압(예컨대, 전술한 바와 같이 3-7 볼트)에서의 전압일 수 있거나 혹은 대안적으로 히스테리시스 창 외부의 정적 전압 레벨일 수 있다. 본 명세서에서 이용되는 바와 같이, 정적 전압은 시간 경과에 따라, 예컨대, 작동 기간에 걸쳐서 변화하지 않는 전압이다. 블록(202)에서 두 전극에 인가된 정적 구동 전압차는 열방향 전극 및/또는 행방향 전극에 각각 DAC(104) 혹은 (108)(도 8) 중 하나에 의해 공급될 수 있다.

[0065] 블록(202)에서 초기 구동전압이 인가된 후, 상기 방법(200A)은 블록(204)에서 계속되며, 해당 블록에서는, 어레이 드라이버(112)가 구동전압의 레벨을 제1레벨(예컨대, 블록(202)에서 인가된 정적 전압 레벨)에서 제2레벨로 램핑시킨다. 도 11a는 방법(200A)에서 이용될 수 있는 표시소자를 구동하기 위한 램핑된 전압 파형의 일례의 예시도이다. 도 11a에서, 블록(202)에서 인가된 초기 구동전압은 5 볼트 바이어스 전압(302)(블록(202)에서 인가된 정적 전압)이다. 대략 2ms에서, 램핑된 전압 파형(304)은 방법(200A)에서의 블록(204)에 인가된다. 램핑된 전압 파형(304)은 도 8의 트랜스-임피던스 증폭기(120) 등과 같은 피드백 회로의 전기적 감지에 의해 감지된 바와 같은 측정된 전기적 응답이 블록(206)에서 표시소자의 전기적 응답을 모니터링할 때까지 계속 증가된다. 예를 들어, 트랜스-임피던스 증폭기(120)는 표시소자의 상태변화를 나타내는, 표시소자에 대한 전류의 변화를 감지할 수 있다.

[0066] 이 예에서, 상기 모니터링된 전기적 응답은 도 1의 간접계 변조기(12)들의 상태의 변화를 나타낸다. 도 11b는 도 10a에 나타낸 방법(200A)을 이용해서 표시소자의 구동 회로에 접속된 전기적 감지용 피드백 회로에 의해 감지될 수 있는 감지된 전기적 응답을 나타낸 도면이다. 약 4ms에서, 감지된 전류는 약 +5mA의 레벨까지의 첨예한 상승부(306)를 나타낸다. 감지된 전류에 대한 증폭기의 감도는 감지에 이용되고 있는 회로의 저항에 좌우될 수 있다. 예를 들어, 도 8에 도시된 바와 같은 실시형태에서, 저항기(120A)의 저항은 피드백 회로에 따라서 용이하게 측정가능한 출력 진폭으로 되도록 채택될 수 있다. 블록(206)에서 감지된 전류에서 상기 상승부(306)의 감지 시, 방법(200A)은 블록(208)으로 진행되어, 램핑된 전압 파형은 도 11a에서 (308)에서 도시된 바와 같이 중단되어서, (310)에서 5볼트의 정적(바이어스) 전압 레벨로 저감되어 간접계 변조기를 작동 상태로 유지되게 한다. 도 11a에 도시된 예에서, 램핑된 전압은 약 6볼트에서 표시소자를 작동시킨다. 이것은 단순히 예시적인

작동 레벨이며, 전압의 다른 레벨은 표시소자의 설계에 따라서 작동을 초래할 수 있다.

[0067] 위에서는 작동 신호에 대해서 설명하였지만, 해제 신호도 방법(200A)의 블록(202)에서 어레이 드라이버(112)에 의해 인가될 수 있다. 예를 들어, 도 11a에 도시된 바와 같이 약 6ms에서, 응답 절차가 개시되고, 램핑된 전압 파형(312)이 인가된다. 방법(200A)의 블록(204)에서 인가된 램핑된 전압(312)은 구동전압을 초기의 5볼트(블록(202)에서 인가된 것)로부터 약 4볼트로 저감시킨다. 램핑된 전압 파형이 약 4볼트에 도달할 경우, 간섭계 변조기(12)가 해제되고 전기적 감지회로가 약 -3mA의 레벨까지 감지된 전류(블록(206)에서 감지된)의 첨예한 감소부(314)를 측정하고, 이것은 표시소자가 해제된 것을 의미한다. IMOD 상태의 변화로 인해 (314)에서의 전류의 감소부의 감지 시, 방법(200A)은 블록(208)으로 진행하여, 램핑된 구동전압 파형이 중단되고, 해당 구동전압은 (318)에서 5볼트 바이어스 전압 레벨까지 저감((316) 참조)되므로 표시소자는 해제 상태인 채로 유지된다. 다시 한번, 도 11에 도시된 전압 및 전류 레벨은 단지 예시일 뿐, 다른 레벨도 표시소자의 작동 및/또는 해제를 나타낼 수 있다. 블록(204)에서 인가된 램핑된 전압 파형은 도 8에 도시된 DDS1(118)을 이용해서 인가될 수 있다.

[0068] 몇몇 실시형태에서, 램핑된 전압 파형의 증가 혹은 감소 속도는 작동 및/또는 해제 이벤트가 일어날 경우 표시소자의 응답 시간에 대해서 느린 소정의 속도에 있다. 이와 같이 해서, 바이어스 레벨로부터 작동 및/또는 해제 전압 레벨로 전압 레벨의 변화는 최소로 될 수 있다. 다른 실시형태에 있어서, 램핑된 전압 파형의 증가 및/또는 감소 속도는 예를 들어 응답 시간 등의 표시소자의 소망의 동작 특성을 얻기 위하여 교정되고 채택된다.

[0069] 도 10b는 표시소자를 구동하는 구동전압을 교정하는 방법(200B)을 나타낸 순서도이다. 일 실시형태에 있어서, 상기 방법(200B)은 표시소자의 소망의 동작 특성, 예컨대, 응답 시간에 의거해서 동작 역치 구동전압을 결정하는데 이용될 수 있다. 상기 방법(200B)은 교정 블록(220) 내지 (234)을 포함하며, 이것은, 일 실시형태에 있어서, 초기 교정을 위하여 표시소자의 제작 시 수행될 수 있다. 본 실시형태에 있어서, 상기 방법(200B)은, 예를 들어 테스트 스탠드 등과 같이, 디스플레이 어레이에 접속된 외부 프로세서에 의해 수행될 수 있다.

[0070] 다른 실시형태에 있어서, 교정 블록(220) 내지 (234)은 디스플레이 어레이에 결합된 로직에 포함될 수도 있으므로, 해당 교정은 표시소자를 재교정하기 위하여 다른 시각에 수행될 수 있다. 예를 들어, 재교정은 온도 등에 의거해서 유사 랜덤 기반 상에서, 혹은 표시소자의 사용년수에 의거해서 주기적 기반 상에서 수행될 수도 있다. 본 실시형태에 있어서, 방법(200B)은 도 8에 도시된 구동 회로(예컨대, DAC(104), (108), (114), 스위치(106), (110) 및 DDS1(118))를 제어하기 위하여 어레이 드라이버(112)를 이용해서 수행되어 디스플레이 어레이(102) 상에 화상을 표시할 수 있다. 다른 실시형태에서, 도 2에서의 프로세서(21) 등과 같은 프로세서는 방법(200A)을 수행할 수 있다. 교정 후, 어레이 드라이버(112)는 소망의 동작 특성을 획득하기 위하여 구동전압(예컨대, 초기 구동전압 레벨 및/또는 램핑된 전압 속도)을 결정할 수 있다.

[0071] 블록(202)에서, 어레이 드라이버(112)는 표시소자의 제1전극과 제2전극 사이에 구동전압을 인가한다. 해당 제1전극은 이동식 반사층(열방향 전극)(들)(14) 중 하나일 수 있고, 제2전극은 도 1에 도시된 간섭계 변조기의 행방향 전극(들)(16) 중 하나일 수 있다. 블록(220)에서 인가된 구동전압은 히스테리시스 창 내의 바이어스 전압 레벨(예컨대, 전술한 바와 같이 3-7 볼트)에서의 정적 전압일 수 있거나 혹은 대안적으로 히스테리시스 창 외부의 정적 전압일 수 있다. 히스테리시스 창 외부의 상이한 정적 전압 레벨을 선택함으로써, 정적인, 즉, 비램핑된 구동전압에 응하여 표시소자의 동작 특성은 결정될 수 있다. 블록(220)에서 인가된 각종 정적 구동전압 레벨에 의해 영향받을 수 있는 동작 특성으로는, 응답 시간, 감지된 최대 전류 레벨, 정지 마찰, 해제 전압 레벨, 작동 전압 레벨 등을 들 수 있다. 블록(220)에서 두 전극에 인가된 정적 구동전압차는 열방향 전극 및/또는 행방향 전극에 각각 DAC(104) 혹은 (108) 중 하나에 의해 공급될 수 있다.

[0072] 블록(222)에서, 어레이 드라이버(112)는 구동전압의 레벨을 제1레벨, 예컨대, 블록(202)에 인가된 정적 전압 레벨로부터 제2레벨로 램핑시킨다. 램핑된 전압 레벨의 증감속도(램프의 기울기)는 다수의 교정 테스트에 대해서 변화될 수 있다. 이와 같이 해서, 표시소자의 동작 특성(들)은 각종 램핑된 전압 속도에 대해서 결정될 수 있다. 블록(222)에서 인가된 각종 램핑된 전압 속도에 의해 영향받을 수 있는 동작 특성(들)으로는, 응답 시간, 최대 전류 레벨, 정지 마찰량, 해제 전압 레벨, 작동 전압 레벨 등을 들 수 있다. 블록(222)에서 인가된 램핑된 전압 파형은 도 8에 예시된 DDS1(118)을 이용해서 인가될 수 있다.

[0073] 몇몇 실시형태에서, DDS1(118)이 DAC(114)보다 빠를 경우, DDS1(118)은 신호의 가변 부분을 공급하는데 이용되고, DAC(114)는 신호의 정적 부분을 공급하는데 이용된다. 또 몇몇 실시형태에서, DDS1(118)은 파형을 독자적으로 발생시키도록 구성되어 있을 수 있다. 몇몇 실시형태에서, DDS는 정적 전압을 발생시키도록 구성되어 있고, 하나 이상의 DAC는 신호의 가변 부분을 발생하는데 이용될 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 하나 이상의 DAC

혹은 DDS는 신호의 가변 부분과 정적 부분의 어느 한쪽 혹은 양쪽을 발생하는데 이용될 수도 있다.

[0074] 상기 방법(200B)은 블록(224)으로 진행되어, 어레이 드라이버(112)가 표시소자의 전기적 응답을 위한 전기적 감지용 피드백 회로(예컨대, 트랜스-임피던스 증폭기(120))를 모니터링한다. 블록(224)에서 수행된 모니터링 기능은 방법(200A)의 블록(206)을 참조하여 위에서 설명된 것과 마찬가지로이다. 예를 들어, 트랜스-임피던스 증폭기(120)는 표시소자에 대해서 전류의 변화를 감지할 수 있고, 이것은 표시소자의 상태 변화를 나타낸다. 블록(226)에서, 상기 모니터링된 전기적 응답을 수신 중인 어레이 드라이버(112)는 표시소자의 상태의 변화를 검출한다. 상태의 변화는 표시소자의 작동 및 해제일 수 있다. 블록(226)에서 표시소자의 상태의 변화를 저장할 때, 어레이 드라이버(112)는 블록(228)에서의 구동전압(램핑된 전압이 블록(222)에서 인가된 경우)의 램핑을 중단시키고, 방법(200B)은 블록(230)으로 진행되어, 구동전압을 나타내는 정보, 예를 들어 블록(220)에서 인가된 정적 전압 레벨 및/또는 (222)에서 인가된 램핑된 전압 속도가 저장된다. 또한, 블록(230)에서, 어레이 드라이버(112)는 표시소자의 상태의 변화, 그리고 임의선택적으로 표시소자의 동작 특성을 나타내는 정보를 저장한다.

[0075] 도 10b의 나머지 블록은 도 12를 참조하여 설명한다. 일 실시형태에 있어서, 표시소자의 응답 시간이 모니터링된다. 도 12는, 도 10a 및 도 10b에 예시된 방법에서 이용될 수 있는 바와 같이, 표시소자를 구동하기 위한 구동전압 파형 및 표시소자에 접속된 구동 회로에서 감지된 대응하는 전기적 응답(예컨대, 행 스위치 혹은 열 스위치(110), (106) 내의 행방향 전극 및/또는 열방향 전극)의 일례를 예시하고 있다. 도 12의 예는 표시소자가 안정한 상태, 예컨대 해제 상태에 있는 경우의 바이어스 전압 레벨로부터의 구동전압 변이를 도시하고 있다. 시각(320)에서, 정적 구동전압이 인가되어(예컨대, 방법(200A)에서의 블록(220)) 표시소자를 작동시킨다. 이 예에서의 전류인 감지된 전기적 응답은, 전극에 대한 전압이 급격하게 변화하는 것을 나타내는 제1전류 스파이크(current spike)(322)에 이어 작동 이벤트를 나타내는 전류 "범프"(bump)(324)를 표시한다. 전류 스파이크(322)와 전류 범프(324) 간의 시간은 인가된 구동전압에 응답하여 표시소자의 응답 시간(동작 특성)을 나타낸다. 전류 스파이크(322)와 전류 범프(324) 사이의 시간은 인가된 구동전압에 응해서 표시소자의 응답 시간(동작 특성)을 나타낸다. 전류 범프(324)가 전기적 감지회로에 의해 감지된 후, 구동전압은 블록(228)(도 10b)에서 중단되고 (326)에서 바이어스 전압 레벨로 복귀된다. 구동전압이 (326)에서 바이어스 전압 레벨로 감소될 경우, 감지된 전기적 응답은 표시소자의 전극들 간의 전압차가 급격하게 저장된 것을 나타내는 다른 스파이크(328)를 나타낸다.

[0076] 표시소자의 응답 시간의 결정은 블록(226)(도 10b)에서 결정되고 블록(230)에서 인가된 전압 레벨(정적 전압 레벨 및/또는 램핑된 전압 속도)을 참조하여 저장될 수 있는 동작 특성의 하나의 유형의 일례이다. 디스플레이 어레이(202)의 몇몇 실시형태에서, 응답 시간은 보다 높이 혹은 보다 신속하게 램핑된 전압 레벨에서 저장된다(예컨대, 강력한 정전 인력으로 인해 이동식 소자가 신속하게 상태를 전환시키며, 여기서 보다 높은 온도에서 스프링 상수가 복원용 기계적 소자 등을 위해 저장됨). 인가된 전압 파형을 참조하여 결정되고 저장된 기타 동작 특성으로는, 감지된 최대 전류 레벨, 정지 마찰량, 해제 전압 레벨, 작동 전압 레벨 등을 들 수 있다. 결정 블록(234)에서, 교정 방법(200B)을 제어하는 어레이 드라이버(112)는, 더 많은 교정 사례가 테스트될 것으로 남아 있는 경우 결정된다. 더 많은 테스트가 남아 있다면, 블록(220) 내지 (234)은 더 이상의 테스트가 남지 않을 때까지 다수의 구동 기간 동안 반복되고, 방법(200B)은 블록(236)으로 진행한다.

[0077] 블록(236)에서, 어레이 드라이버(112)는 소망의 동작 특성을 획득하기 위하여 블록(230)에서 저장된 정보에 의거해서 구동전압(블록(220)에서 인가된 정적 전압 레벨 및/또는 블록(222)에서 인가된 램핑된 전압 속도)을 결정한다. 예를 들어, 구동전압 및 특성이 교정된 표시소자를 포함하는 디스플레이 어레이 상에 화상을 더욱 신속하게 표시하기 위하여 소정의 시간 역치 이하의 응답 시간을 달성하는 것이 바람직할 수 있다. 다른 예에서, 소정의 레벨 이하로 온도를 유지하기 위하여 소정 값 이하로 피크 전류 레벨을 유지하는 것이 바람직할 수도 있다.

[0078] 몇몇 실시형태에 있어서, 방법(200A), (200B)은 조화를 이루어 수행될 수 있다. 예를 들어, 블록(326)에서 수행된 기능은 방법(200A)과 관련하여 수행되어 다른 교정 과정(예컨대, 블록(220) 내지 (234)에서의 기능)이 나중 시간에 수행될 때까지 표시소자의 작동 및 해제 기능을 수행할 수 있다. 단, 방법(200A), (200B)의 소정 블록은 생략되거나, 조합되거나, 재배열되거나 혹은 이들의 조합일 수 있다.

[0079] 도 10a 및 도 10b에 예시된 방법은, 예를 들어, 구동 회로의 전기적 응답을 감지함으로써 피드백을 제공하는 방법의 예들이며, 여기서 피드백은 표시소자가 주어진 구동전압에 응답하여 적절하게 작동 혹은 이완된 것을 검출한다. 다른 실시형태는 표시소자가 적절하게 작동 혹은 해제되지 않은 경우 감지하는데 이용될 수 있는 피드백을 제공한다. 이러한 피드백은 잘못된 작동 및/또는 해제 상태를 교정하기 위하여 구동전압을 조정하는데 이용



될 수 있다.

- [0080] 도 10c는 표시소자를 구동할 경우 에러 조건을 확인하는 것에 의거해서 구동전압을 조정하는 단계를 포함하는 표시소자를 구동하기 위한 구동전압을 교정하는 다른 방법(200C)을 예시한 순서도이다. 일 실시형태에 있어서, 방법(200C)은 디스플레이 어레이의 제작 동안 혹은 후에 초기 테스트를 위한 소정의 표시소자의 구동전압을 교정하기 위하여 이용될 수 있다. 이것은 위에서 설명한 방법(200B)과 병행하여 수행될 수 있었다. 본 실시형태에 있어서, 상기 방법(200C)은 예를 들어 테스트 스탠드 등과 같은, 디스플레이 어레이에 접속된 외부 프로세서에 의해 수행될 수 있다. 다른 실시형태에 있어서, 상기 방법(200C)은 어레이 드라이버(112)가 디스플레이 어레이(102)를 구동하여 화상을 표시하는 동안 표시소자를 작동시키는 것의 실패의 검출 시 동작 동안 표시소자의 구동전압을 조정하기 위하여 이용될 수 있다. 이 후자의 실시형태는 도 10c에 도시된 예에서 설명할 것이다.
- [0081] 상기 방법(200C)은 블록(250)에서 시작하여, 어레이 드라이버(112)는 표시소자의 제1전극과 제2전극 사이에 구동전압을 인가하며, 여기서 구동전압은 복수의 표시상태 중 제1상태에 있는 표시소자로 되도록 미리 결정된 레벨이다. 제1전극은 이동식 반사층(열방향 전극)(14)들 중 하나일 수 있고, 제2전극은 도 1에 도시된 간섭계 변조기(12)의 행방향 전극(16)들 중 하나일 수 있거나 그 역일 수도 있다. 블록(205)에서 인가된 구동전압은 해제된 표시소자의 작동을 가져오는 미리 결정된 레벨(예컨대, 바이어스 전압 범위 이상의 전압 크기), 작동된 표시소자의 해제를 가져오는 미리 결정된 레벨(예컨대, 바이어스 전압 범위보다 낮은 크기의 전압 레벨) 또는 현재의 표시 상태에서 표시소자를 유지하도록 미리 결정된 전압 레벨(예컨대, 전술한 바와 같은 바이어스 전압 히스테리시스 창 내의 전압 크기)일 수 있다.
- [0082] 도 12를 참조하여 위에서 설명된 바와 같이, 표시소자의 해제 및/또는 작동은 피드백 회로에 의해 측정될 수 있는 소정의 전기적 응답 특성을 관찰함으로써 확인될 수 있다. 블록(252)에서, 피드백 회로는 블록(250)에서 구동 회로에 의해 인가된 구동전압에 응하여 표시소자의 전기적 응답을 측정하는데 이용된다. 피드백 회로는 도 8에서의 트랜스-임피던스 증폭기(120) 등과 같은 소자를 포함할 수 있다. 블록(254)에서, 프로세서는 블록(252)에서 측정된 전기적 응답을 나타내는 정보를 수신한다. 어레이 드라이버(112)는 표시소자의 동작 에러를 확인하기 위하여 측정된 전기적 응답의 특성을 분석한다.
- [0083] 이하, 표시소자의 정확한 작동의 일례 및 잘못된 작동의 일례에 대해서 설명할 것이다. 도 13a는 도 10c에 예시된 방법(200C)에서 이용될 수 있는 바와 같은, 구동전압 파형 및 간섭계 변조기의 적절한 작동을 나타내는 대응하는 전기적 응답의 일례를 예시하고 있다. 이 예에서, 해제된 간섭계 변조기(12)는 해제 상태에서부터 작동 상태로 이동시키도록 구동된다. 두 전극 간의 초기 전압차는 도 13a에서 작동 전압 역치 레벨(Vact) 이하(예컨대, 바이어스 전압 레벨 내)인 레벨(331)이다. 시점(330)에서, 구동전압은 (Vact) 이상의 레벨(333)로 증가된다. 시점(330)에서 시작해서, 피드백 회로 측정, 본 예에서는 전류가 초기 스파이크(332)에 이어서 제2범프(334)를 보인다. 제2범프는 간섭계 변조기(12)가 적절하게 작동하고 있는 것을 나타낸다. 제2시점(336)에서, 구동전압은 (Vact) 이하(바이어스 전압 영역 내)의 레벨(331)로 저감된다. 시점(336)에서, 피드백 전류는 단일의 스파이크(338)를 나타낸다. 해당 피드백 전류에서 범프(334)와 유사한 제2범프는 없다. 이 제2범프의 결여는 표시소자가 시점(336) 후 작동 상태로 적절하게 남아 있었다는 것을 나타낸다.
- [0084] 도 13b는, 도 10c에 예시된 방법에서 이용될 수 있는 바와 같은, 간섭계 변조기(12)의 잘못된 작동의 일례를 나타내는 구동전압 파형 및 대응하는 전기적 응답의 일례를 나타낸다. 이 예는 바이어스 전압 레벨이 바이어스 전압 창 외부에 있는 레벨에서 부정확하게 교정되는 경우이다. 간섭계 변조기(12)는 예를 들어 표시소자의 사용연수 및/또는 온도로 인해 표시소자의 특성 변화에 의해 부정확하게 교정될 수 있다.
- [0085] 이 예에서, 전극 간의 초기 전압은 "바이어스 전압 레벨" 이하인 레벨(340), 예컨대, 현재 상태에서 간섭계 변조기(12)를 지속시키는 레벨이다. 시점(342)에서, 전극 간의 전압은, 간섭계 변조기(12)를 작동시키기 위하여, 작동 전압 레벨(Vact) 이상의 레벨(344)까지 증가한다. 피드백 전류는 제1스파이크(346)에 이어서 간섭계 변조기(12)의 적절한 작동을 나타내는 제2범프(348)를 나타낸다.
- [0086] 제2시점(350)에서, 전극 간의 전압은 초기 전압 레벨(340)로 복귀된다. 피드백 전류는 제1스파이크(352)에 이어서 제2범프(354)를 나타낸다. 이것은 간섭계 변조기(12)가 바이어스 전압 창 외부(전압 레벨(Vrel)과 (Vact) 사이)에 있는 레벨(340)로 저하되고 있는 전압으로 인해 잘못하여 해제된 것은 나타낸다. 전류 범프를 검출함으로써, 어레이 드라이버(112)는 에러가 방법(200C)의 블록(254)에서 일어난 것을 확인할 수 있다. 간섭계 변조기(12)의 동작 에러가 일어난 것의 확인에 이어서, 어레이 드라이버(112)는 블록(256)에서 구동전압을 (Vrel)보다 크고 (Vact)보다 작은 레벨에 있도록 조정함으로써, 작동된 채로 있는 적절하게 조율된 간섭계 변조기(12)로 되게 된다. 어레이 드라이버(112)는 도 10b를 참조해서 위에서 설명된 바와 같은 방법을 이용해서 조정

된 구동전압 레벨을 결정할 수 있다.

[0087] 숙련된 기술자는 간섭계 변조기(12)의 적절한 작동 전압 역치를 확인하게 위하여 마찬가지로의 방법을 쉽게 이용할 수 있을 것이다. 예를 들어, 간섭계 변조기(12)가 작동 상태이고 전극들 사이에 인가된 구동전압이 간섭계 변조기(12)의 해제를 가져오는 것으로 상정되었지만, 간섭계 변조기(12)가 해제되지 않은 경우, 어레이 드라이버(112)는 간섭계 변조기(12)가 적절하게 해제될 때까지 블록(256)에서의 전압을 보다 낮은 레벨로 조정할 수 있다. 다른 예에서, 간섭계 변조기(12)가 해제 상태에 있고 블록(250)에서 인가된 전압은 간섭계 변조기(12)를 작동시키는 것으로 가정되었지만, 간섭계 변조기(12)가 작동하지 않는 경우, 어레이 드라이버(112)는 간섭계 변조기(12)가 적절하게 작동될 때까지 블록(256)에서의 전압을 보다 높은 레벨로 조정할 수 있다.

[0088] 일 실시형태에 있어서, 방법(200C)은 어레이 드라이버(112)가 나중 사용을 위해서 조정된 구동전압을 나타내는 정보를 저장하는 임의선택적 블록(258)을 포함한다. 조정된 전압은 특정 간섭계 변조기(12)에 대해서 교차 참조되는 정보와 함께 저장될 수 있다. 어레이 드라이버(112)는 이어서 특정 간섭계 변조기(12)가 재차 작동 및/또는 해제되고 있는 경우 나중에 언젠가 조정된 값을 이용할 수 있다. 임의선택적 블록(258)에서 저장된 전압 레벨은 실시형태에 따라서 바이어스 전압 레벨, 해제 전압 레벨 및/또는 작동 전압 레벨을 포함할 수 있다.

[0089] 도 14는 간섭계 변조기(12)를 구동하고 해당 간섭계 변조기(12)의 전기적 응답을 측정해서 구동전압을 결정하여 소망의 동작 특성을 획득하는 방법(500)의 일례를 나타낸 순서도이며, 여기서, 구동전압은 인간의 시각으로 실질적으로 검출할 수 없는 표시 상태 변이를 초래한다. 방법(500)은, 일 실시형태에 있어서, 구동전압의 변화를 신속하게 적합화하기 위하여, 디스플레이 어레이(102)의 동작 동안 (도 10a 및 도 10b의 방법(200A), (200B)을 참조하여 전술한 바와 같은) 구동전압 레벨 및/또는 램핑된 구동전압 속도를 평가할 수 있다. 구동전압 레벨은 간섭계 변조기(12)의 사용년수 및/또는 온도 등과 같은 조건의 변화로 인해 변화될 수 있다. 상기 방법(500)은 도 8에 도시된 구동 회로(예컨대, DAC(104), (108), (114), 스위치(106), (110) 및 DDS1(118))를 제어하여 디스플레이 어레이(102) 상에 화상을 표시하기 위하여 어레이 드라이버(112)에 의해 수행될 수 있다. 다른 실시형태에서는, 도 2에서의 프로세서(21) 등과 같은 프로세서가 상기 방법(500)을 수행할 수 있다.

[0090] 블록(502)에서, 어레이 드라이버(112)(도 8)는 간섭계 변조기(12)의 제1전극과 제2전극 사이에 전압 파형을 인가하고, 이때 전압 파형은 간섭계 변조기(12)의 상태를 제1상태에서 제2상태로 그리고 도로 제1상태로 변화시킨다. 블록(502)에서 인가된 전압 파형은 간섭계 변조기(12)가 해제 상태에서 작동 상태로 그리고 도로 해제 상태로 혹은 그 역으로 변하게 한다. 즉, 선택된 간섭계 변조기(12)(또는 간섭계 변조기(12)들)의 광학적 특성이 간섭계 변조기(12)의 전기적 응답의 측정을 위해 시시각각으로 교환되고 있지만, 간섭계 변조기(12)는 인간 관찰자가 상태의 변화를 알아채지 못하도록 원래의 광학 응답을 표시하기 위해 신속하게 복귀된다. 전술한 바와 같이, 몇몇 실시형태에 있어서, 간섭계 변조기(12)는 인간 시각이 검출할 수 있는 것보다 훨씬 빠른 ~10kHz에서 상태를 전환할 수 있다. 단, 새로운 화상이 디스플레이 어레이 상에(예컨대, 한번에 한 라인을 구동하는 방식을 통해서) "리핑되어 있는"(ripped) 경우, 통상 인간 사용자가 하나의 화상이 다른 것 위에 겹쳐 쓰이는 과정을 인지할 수 없게 되는 것이 바람직하다. 적절하게 빠른 주사 속도 혹은 리핑 속도(rip rate)가 이 목적을 위해 채택된다. 화상 콘텐츠가 어쨌든 변화하고 있을 경우, 측정 목적을 위한 상기 콘텐츠의 약간의 순간적인 교란은 사용자로부터 용이하게 마스킹될 수 있다.

[0091] 도 15는 도 14에 예시된 방법(500)에 있어서 블록(502)에서 이용될 수 있는 구동전압 파형 및 대응하는 감지된 전기적 응답의 일례를 나타낸다. 이 예에서, 톱니 전압 파형(520)은 표시소자의 전극들 사이에 인가된다. 일 실시형태에 있어서, 블록(502)에서 인가된 전압 파형은 약 400 $\mu$ s 미만의 개시로부터 종료까지의 기간을 지닌다. 그러나, 몇몇 실시형태는 약 400 $\mu$ s 내지 약 4000 $\mu$ s 이상의 엔드-투-엔드(end-to-end) 시간 기간을 지니는 전압 파형을 이용할 수 있다. 해당 파형(520)은 표시소자의 해제 전압(Vrel) 이하의 레벨(522)에 있는 전압 레벨로 인해 해제 상태의 표시소자에서 시작한다. 이어서, 파형(520)은 작동 전압 레벨(Vact) 이상의 레벨(524)까지 업 램핑하고 나서, (Vrel) 레벨 이하의 레벨(526)로 다운 램핑한다. 이와 같이 해서, 표시소자는 해제 상태에서부터 작동 상태로 변이하고 사용자에 의해 검출될 수 있는 것보다 빠른 해제 상태로 도로 변이한다.

[0092] 예를 들어, 사각파 및 사인파 등의 기타 파형 형상은, 방법(500)에서의 블록(502)에서 인가될 수 있다. 채택된 특정 파형은 특정 기술 및 알고리즘의 채택에 의존할 수 있다. 파형을 인가하는 메커니즘은 도 8을 참조해서 위에서 설명된 것과 유사할 수 있다.

[0093] 전압 파형은 블록(502)에서 인가되고 있는 한편, 피드백 회로(예컨대, 트랜스-임피던스 증폭기(120))는 인가된 파형에 응하여 표시소자의 전기적 응답을 측정하도록 블록(504)에서 모니터링된다. 도 10a, 도 10b 및 도 10c에 예시된 방법을 참조하여 전술한 바와 같이, 표시소자의 전기 전류는 소자가 주어진 전압 레벨 및/또는 전압

램프 속도(voltage ramp rate)에 의하여 해제 및/또는 작동된다면 그리고 작동될 경우 결정되도록 모니터링될 수 있다. 도 15에서, 감지된 전류는 전형적으로 전압 레벨이 (Vact)를 초과할 경우에는 피크(528)를, 전압이 (Vrel) 이하로 감소될 경우에는 다른 피크(530)를 나타낸다. 전류 피크(528)는 표시소자가 해제 상태로부터 작동 상태로 변이하는 것을 나타낸다. 전류 피크(530)는 표시소자가 해제 상태로 도로 변이된 것을 나타낸다. 감지된 전류 피크의 타이밍은 인가된 전압 파형에 의하여 표시소자의 작동 및/또는 해제 타이밍에 따라 상이한 특성을 발휘한다.

[0094] 도 8을 참조해서 위에서 설명된 피드백 회로는 블록(204)에서 전기적 응답을 측정하는데 이용될 수 있다. 어레이 드라이버(112)는 블록(504)에서 측정된 전기적 응답을 나타내는 정보를 수신하고, 블록(506)에서 상기 측정된 전기적 응답에 의거해서 표시소자의 적어도 하나의 동작 특성을 결정한다. 표시소자의 응답 시간은 블록(506)에서 결정될 수 있다. 응답 시간은 인가된 피크 전압 레벨 및/또는 전압 램프 속도에 의거해서 변할 수 있다. 또한, 동작 특성은 하나 이상의 해제 전압 레벨, 작동 전압 레벨 및 바이어스 전압 레벨을 포함할 수 있다. 이들 전압 레벨은 또한 표시소자의 온도, 표시소자의 사용년수 등의 함수로서 다양할 수 있다.

[0095] 임의선택적 블록(508)에서, 어레이 드라이버(112)는 블록(506)에서 결정된 동작 특성을 나타내는 정보를 저장하고, 해당 동작 특성이 대응하는 블록(502)에서 인가된 전압 레벨을 나타내는 정보를 저장할 수 있다. 블록(508)에서 저장된 전압 레벨 정보는 피크 전압 레벨, 전압 램프 속도, 전압 파형 형상, 전압 파형 시간 기간 등을 포함할 수도 있다. 블록(508)에서 저장된 정보인 동작 특성은 표시소자를 작동 혹은 해제시키는 응답 시간, 작동 전압 레벨, 해제 전압 레벨, 바이어스 전압 레벨 등을 포함할 수 있다. 해제 및 작동 전압 레벨은 파형의 램핑된 전압 속도의 함수일 수도 있고, 이 정보는 또한 블록(508)에 저장될 수도 있다.

[0096] 상기 정보가 블록(508)에서 저장된 후, 상기 방법(500)은 임의선택적으로 블록(510)으로 진행되어, 어레이 드라이버(112)가 블록(508)에서 저장된 정보와 소망의 동작 특성에 의거해서 표시소자에 적용하도록 구동전압 레벨 및/또는 램프 속도를 결정할 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 상기 동작 특성은 간섭계 변조기(12)의 변화하는 환경 조건이나 사용년수에 이들 전압을 적합화시키기 위하여 단순히 표시소자의 작동 혹은 해제일 수 있다. 본 실시형태에 있어서, 프로세서 혹은 어레이 드라이버는 표시소자를 작동시키는 최소 전압 진폭을 결정할 수 있다. 다른 실시형태에 있어서, 동작 특성은 소망의 응답 시간일 수 있다. 본 실시형태에 있어서, 소망의 응답 시간을 최상으로 제공하는 전압 레벨 및/또는 전압 램프 속도는 임의선택적 블록(510)에서 결정된다.

[0097] 블록(502), (504), (506), 및 임의선택적으로는 (508)에서 수행된 기능은, 온도 레벨에 의거한 주기적 기반 혹은 유사 기반, 또는 표시소자의 사용년수 혹은 기타 기반에 기초한, 표시소자 혹은 디스플레이 디바이스의 온도의 변화에 대해 수행될 수 있다.

[0098] 임의선택적 블록(510)에서의 구동전압 레벨의 결정은 정상 화상 기록 위상 동안 화상 데이터를 표시하도록 표시소자에 신호를 발생하는 어레이 드라이버(112) 직전에 수행될 수 있다. 임의선택적 블록(510)에서의 구동전압 레벨의 결정은 또한 온도 레벨에 의거한 주기적 기반 혹은 유사 기반, 또는 표시소자의 사용년수에 기초한 표시소자 혹은 디스플레이 디바이스의 온도의 변화에 대해 수행될 수 있다.

[0099] 도 10a, 도 10b, 도 10c 및 도 14를 참조하여 위에서 설명한 방법의 각각은 표시소자의 전기적 응답을 측정하는 단계를 포함한다. 표시소자의 디스플레이 어레이의 상이한 부분을 감지하는 각종 방법이 있다. 예를 들어, 전체 디스플레이 어레이를 하나의 테스트에서 감지하도록 선택될 수 있다. 즉, 행방향 전극(혹은 열방향 전극) 모두로부터의 피드백 신호가 항상 도 8에 도시된 트랜스-임피던스 증폭기(120)에 전기적으로 접속될 수 있다. 이 경우, 열방향 전극의 신호 발생 타이밍 및 행방향 전극의 신호 발생 타이밍은 개별의 표시소자인, 화소 혹은 부화소(sub-pixel)(예컨대, 적색, 녹색 및 청색 부화소)가 소정 횟수 모니터링될 수 있도록 어레이 드라이버에 의해 동기화될 수 있다. 또한, 하나 이상의 특정한 행방향 전극 혹은 열방향 전극을 소정의 시각에 모니터 혹은 측정하고 임의선택적으로 다른 행방향 전극 및 열방향 전극을 다른 시각에 모니터하도록 전환하여, 전체 어레이가 모니터될 때까지 상이한 행방향 전극 및/또는 열방향 전극을 반복하도록 채택될 수도 있다. 마지막으로, 전체 어레이가 측정될 때까지 개별의 표시소자를 측정하고 임의선택적으로 다른 표시소자를 모니터링하거나 측정하도록 전환시키도록 채택될 수도 있다.

[0100] 일 실시형태에 있어서, 하나 이상의 선택된 행방향 전극 혹은 열방향 전극이 자극 및/또는 감지 회로에 영구적으로 접속될 수 있는 반면 나머지 행방향 전극 혹은 열방향 전극은 자극 및/또는 감지 회로에 접속되지 않는다. 몇몇 실시형태에서는, 자극 혹은 감지를 적용할 목적으로 표시 영역에 여분의 전극(행 혹은 열방향)이 추가된다. 이들 추가의 전극은 표시 영역의 관찰자에게 보일 수도 있고 보이지 않을 수도 있다. 최종적으로, 다른 옵션은 스위치 혹은 대안적인 전기 부품을 통해서 하나 이상의 행방향 전극 혹은 열방향 전극의 상이한 세

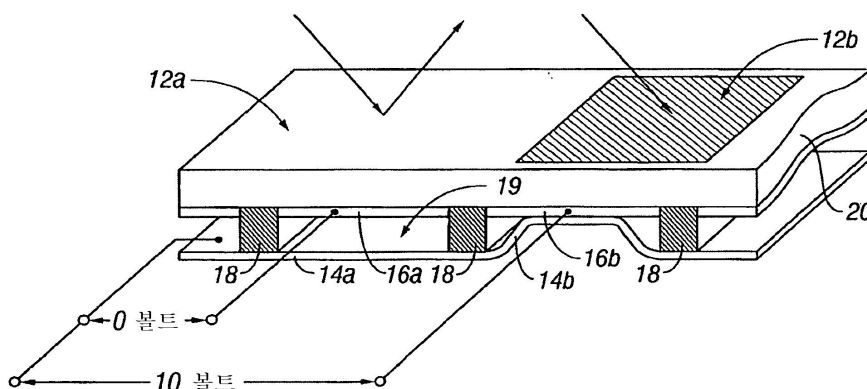


트에 자극/구동 및/또는 감지 회로를 접속 혹은 차단하는 것이다.

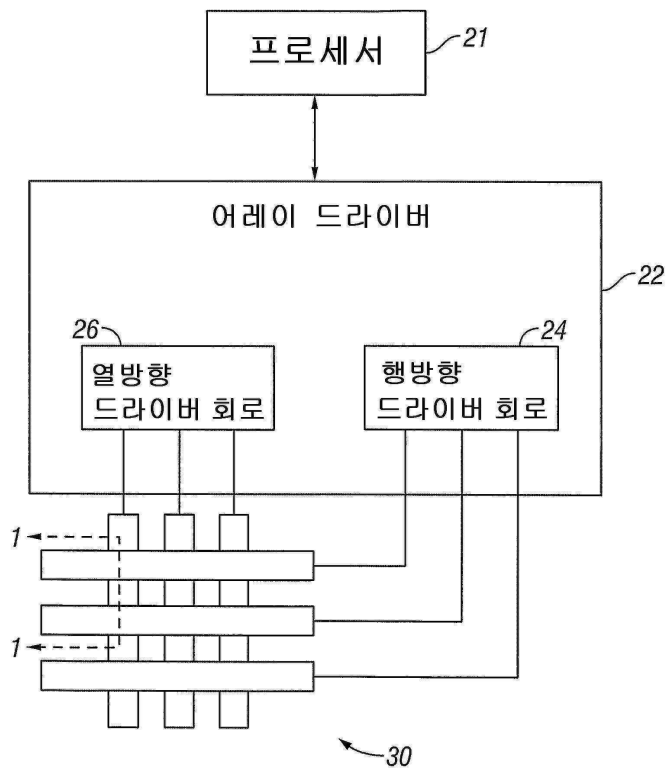
- [0101] 위에서 설명된 시스템 및 방법의 실시형태들은 단색(흑백), 2색 혹은 다색 디스플레이에 적용될 수 있다. 몇몇 실시형태에서는, 상이한 색의 화소 그룹이 행방향 전극 및 열방향 전극의 적절한 채택에 의해 측정된다. 예를 들어, 디스플레이가 RGB 레이아웃을 이용할 경우(이때, 적색(R), 녹색(G) 및 청색(B) 부화소는 상이한 열방향 라인 상에 위치되어 있음), 개별 색의 면적이 "적색"열에 대해서만 자극의 인가를 통해 측정되고 행 상에 감지될 수 있다. 대안적으로, 자극은 행에 인가될 수 있지만 "적색"열 상에서만 감지될 수도 있다.
- [0102] 많은 디스플레이 기술에 있어서, 주어진 행 혹은 열에의 구동 펄스의 인가는 이웃하는 행 혹은 열에 대해 바람직하지 않은 효과를 초래할 수 있다. 이 바람직하지 않은 효과는 통상 누화(crosstalk)라 불린다. 누화는 IMOD, LCD 및 OLED를 비롯한 많은 디스플레이 기술에 영향을 미친다. 일 실시형태에서는, 이들 바람직하지 않은 효과의 존재를 감지하여 보상하는 감지 혹은 피드백 회로가 제공된다. 목적으로 하는 영역으로부터의 신호는 각종 방법을 통해서 디스플레이의 다른 영역으로부터의 신호 혹은 간섭으로부터 격리될 수 있다.
- [0103] 도 16a는 디스플레이 어레이의 고립된 영역을 구동하고 해당 고립된 영역의 전기적 응답을 감지하는 회로의 일례를 예시한 블록도이다. 전압 자극(Vin)은 열방향 전극(540)의 선택된 세트에 인가되고, 전류 신호는 행방향 전극(544)의 선택된 세트로부터 낮은 입력 임피던스(Z)를 지닌 트랜스-임피던스 증폭기(542)를 통해서 감지된다. 이와 같이 해서, 표시 영역(550)이 감지된다. 표시 영역(555), (560)은 각각 감지되지 않은 열방향 전극(540) 및 행방향 전극(544)의 부분이다.
- [0104] 도 16b는 감지된 표시 영역(550)의 전기용량, 및 감지되고 있지 않은 표시 영역(555), (560)의 전기 용량의 전기적 관계를 나타낸 회로(580)를 나타내고 있다. 커패시터(C2)는 표시 영역(555)의 전기용량을 나타내고, (C3)은 표시 영역(560)의 전기용량을 나타내며, (C1)은 고립되어 감지되는 표시 영역(550)의 전기용량을 나타낸다. (C2)에 의해 소비된 전류는 (Vin)에 의해 공급되어 직접 접지로 간다. 감지될 소망의 전류인 (C1)을 통한 전류는 또한 (Vin)에 의해 공급되지만, 트랜스-임피던스 증폭기(542)에 도달하기 전에 커패시터, 즉 전기용량(C3)에 의해 영향받을 수 있다. 그러나, (C1)을 통한 전류는 전기용량(C3)의 임피던스에 비해서 트랜스-임피던스 증폭기(542)의 적절하게 낮은 입력 임피던스의 채택을 통해서 트랜스-임피던스 증폭기(542)에 거의 전체적으로 강제로 갈 수 있다. 이 경우, (C3)을 경유하는 신호 전류는 실질적으로 없다. 따라서, 예시적인 회로(580)로부터, 단지 (C1), 즉, 영역(555)을 통한 전류가 상기 증폭기에 의해 감지된다. 디스플레이의 임의의 영역이 행방향 전극 및 열방향 전극의 대응하는 채택을 통해 선택될 수 있다. 단, 도 16b의 회로예에 있어서, 고립된 영역(550)에 포함되지 않은 나머지 전극들이 접지에 접속되어 있는 것으로 도시되어 있지만, 이들은 임의의 전압 레벨에 접속될 수도 있다.
- [0105] 이상의 상세한 설명이 다양한 실시예에 적용되는 본 발명의 새로운 특징들을 도시하고, 묘사하고, 지적하고 있지만, 예시된 장치 또는 방법의 형태나 상세한 설명에 있어서 다양한 생략, 대체 및 변화들이 본 발명의 정신으로부터 벗어나는 일 없이 당업자에 의해 이루어질 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다. 본 발명은, 인지할 수 있는 바와 같이, 몇몇 특징부가 다른 것과 별도로 사용되거나 실시될 수 있기 때문에, 본 명세서에 언급된 특징 및 이점의 모두를 제공하지 않는 형태 내로 구현될 수도 있다.

## 도면

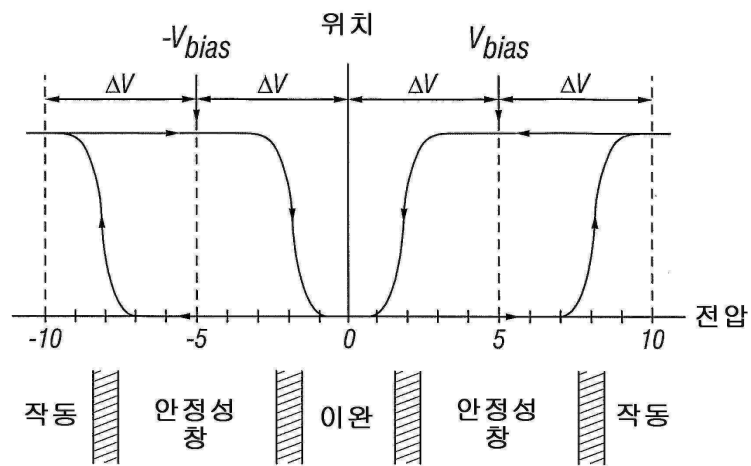
### 도면1



도면2



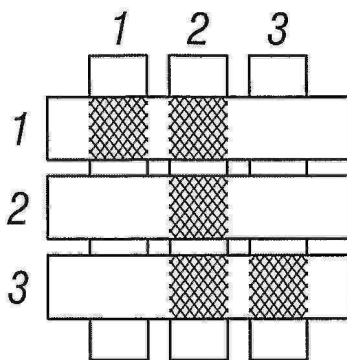
도면3



도면4

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

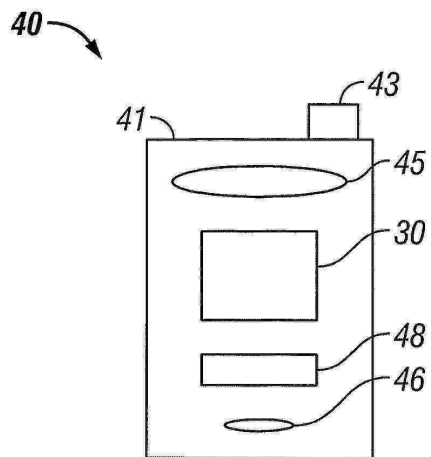
도면5a



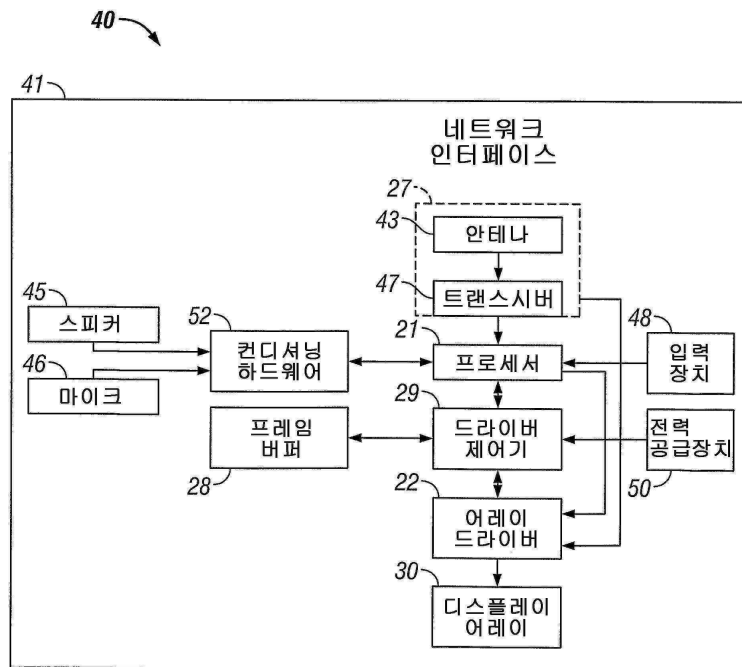
도면5b



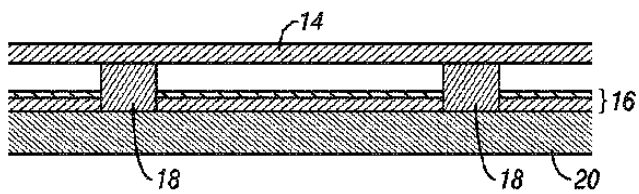
도면6a



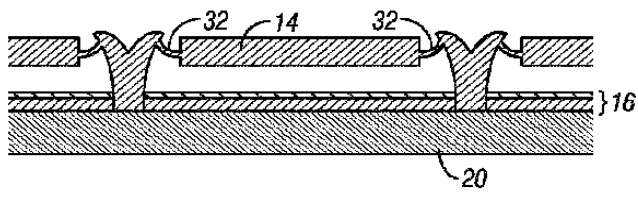
도면6b



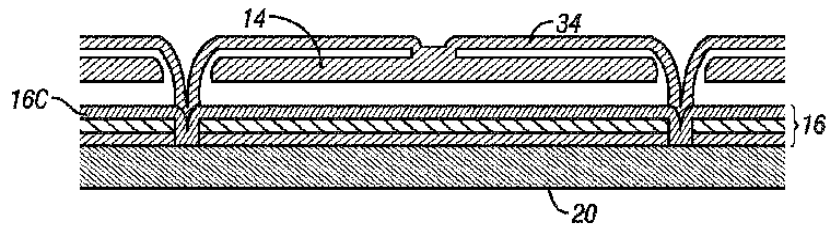
도면7a



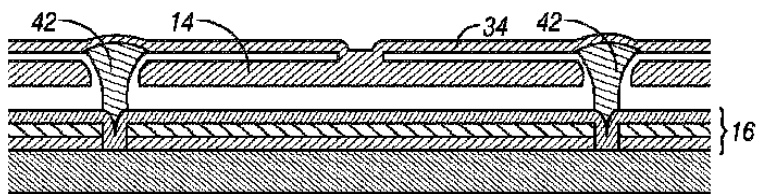
도면7b



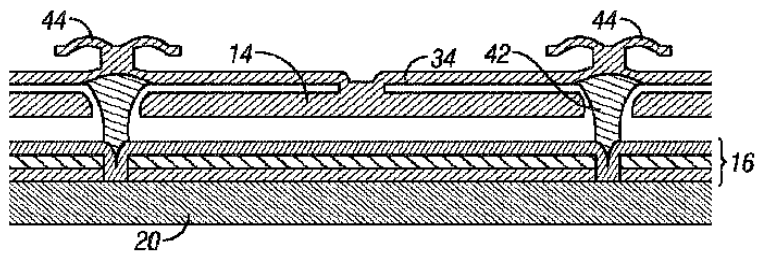
도면7c



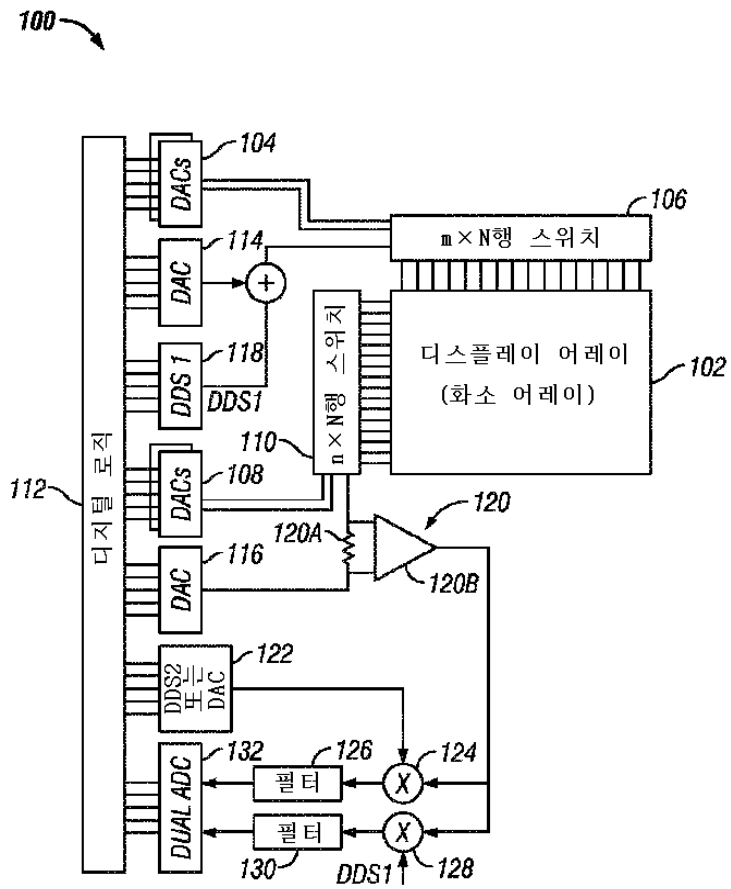
도면7d



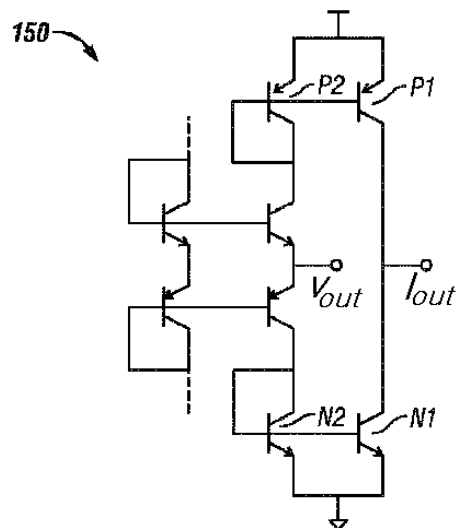
도면7e



도면8

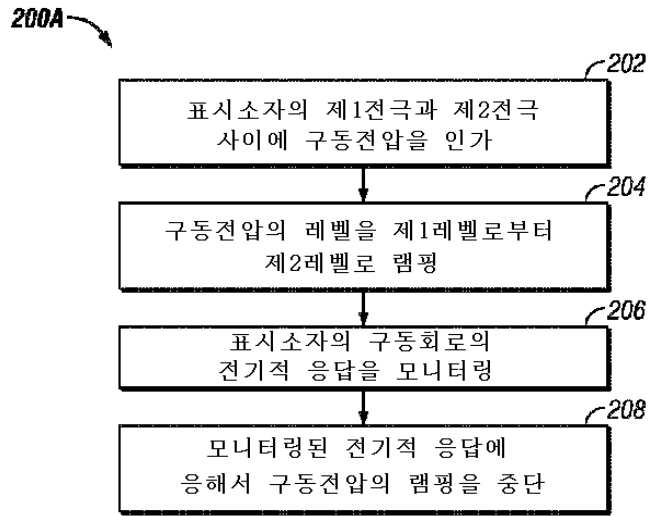


도면9



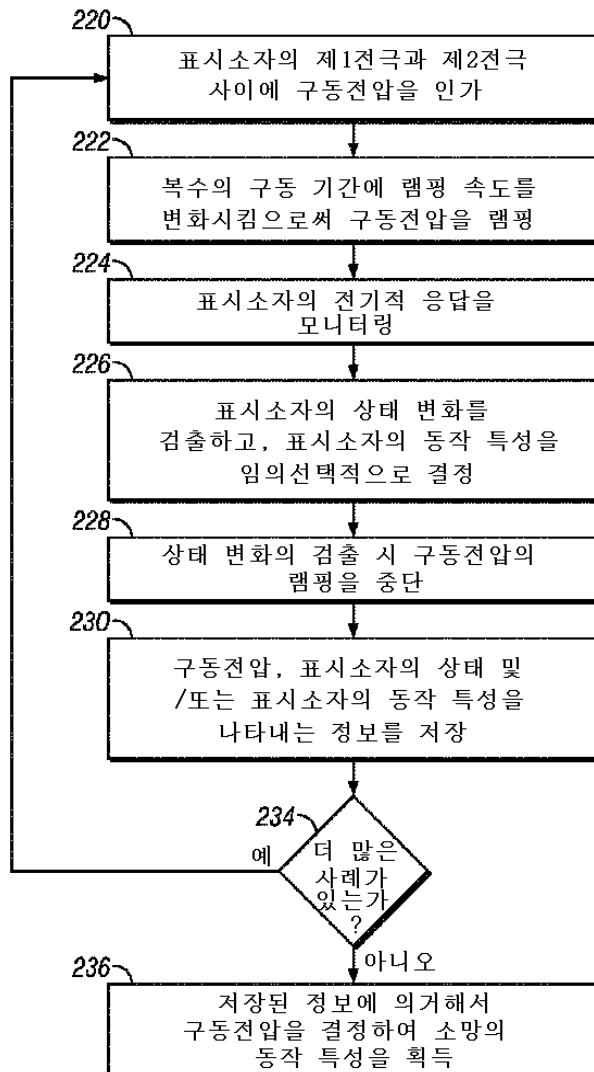


도면10a



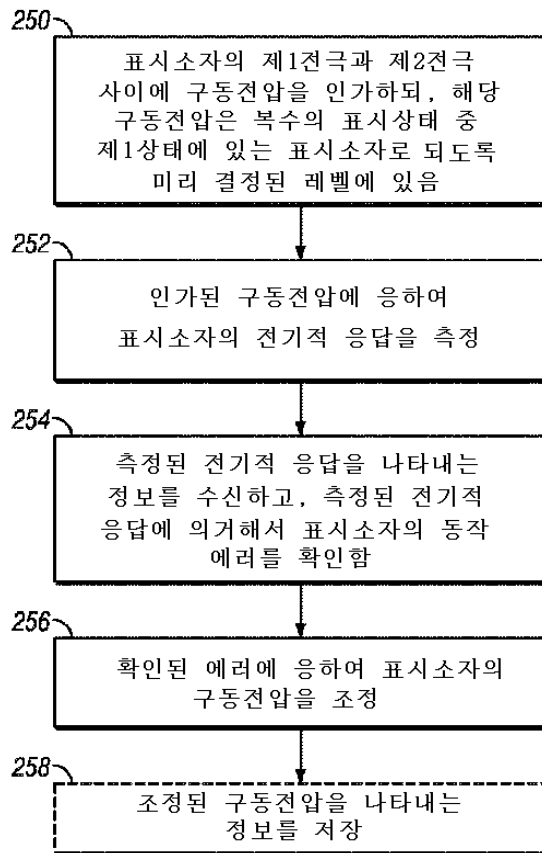
도면10b

2008

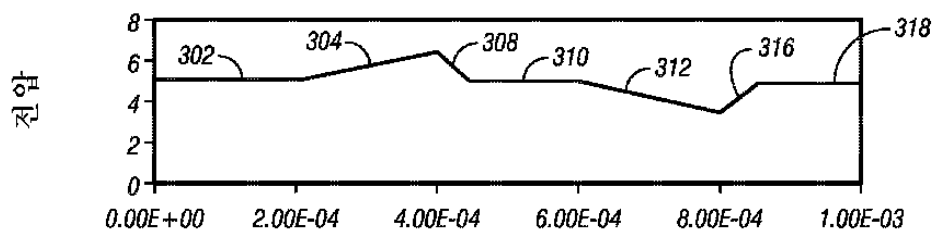


도면10c

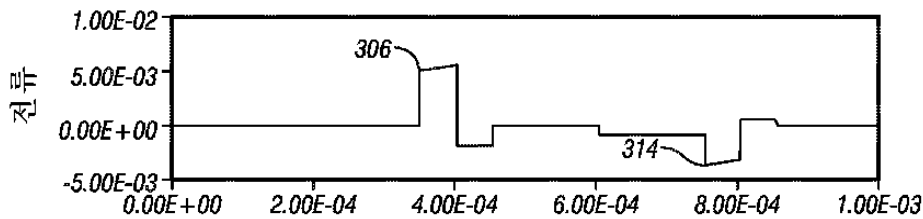
200C



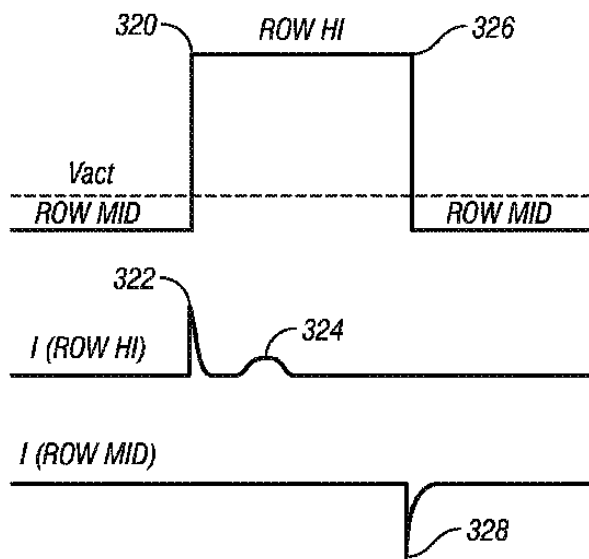
도면11a



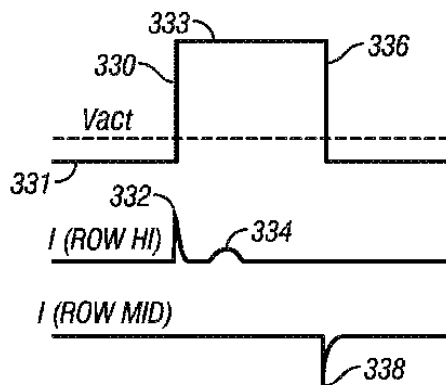
도면11b



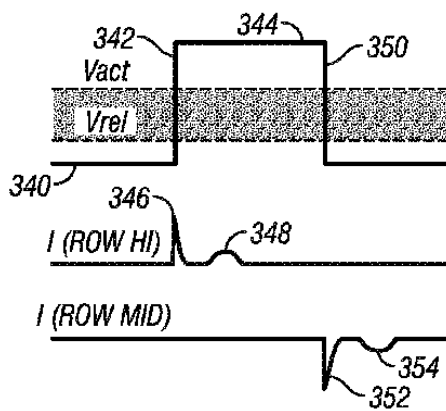
도면12



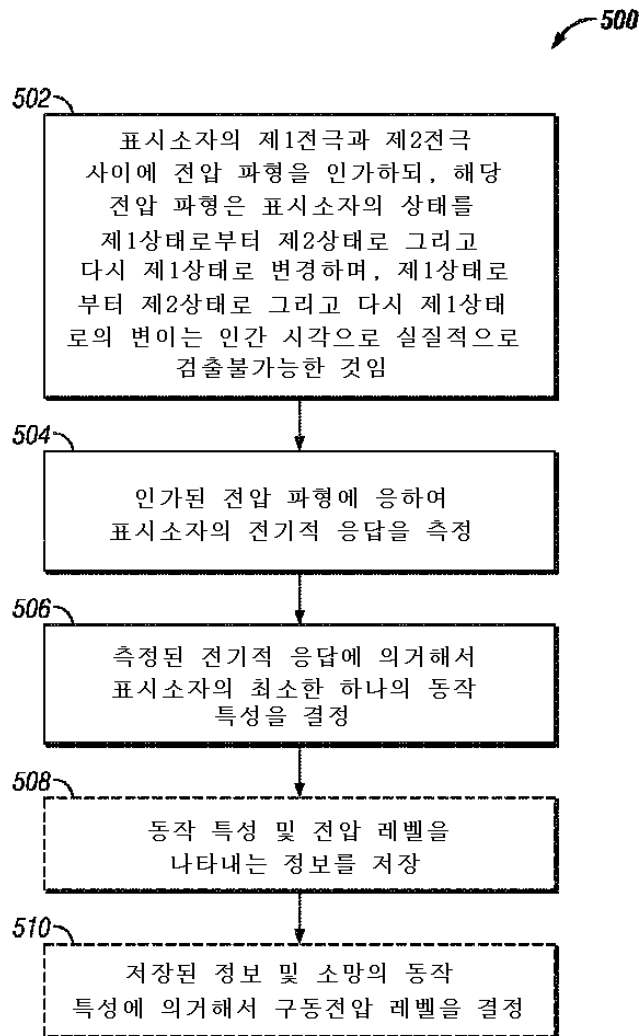
도면13a



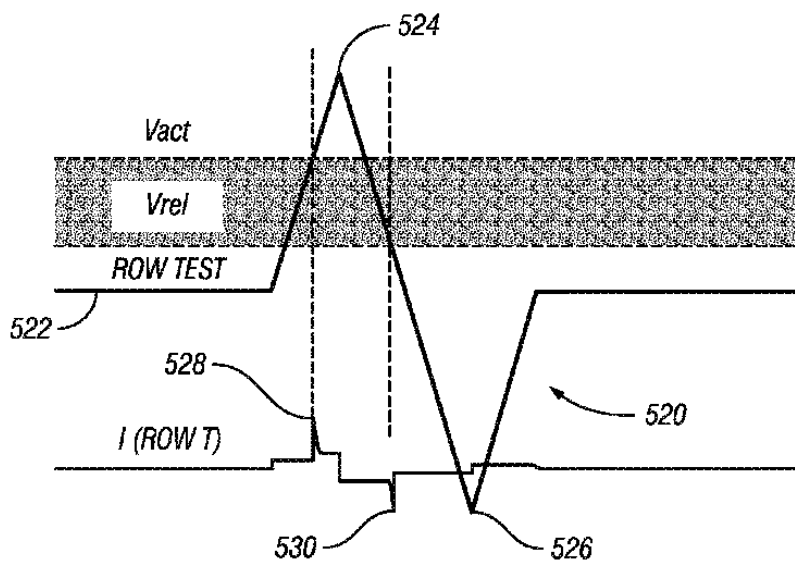
도면13b



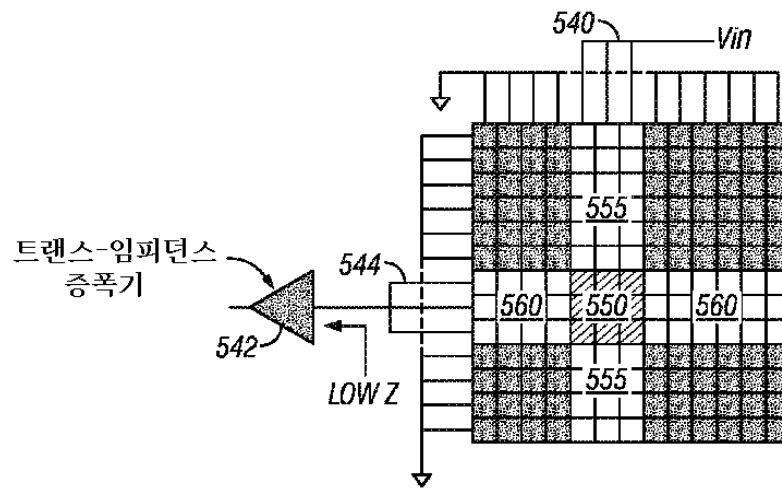
도면14



도면15



도면16a



도면16b

