



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.
G02B 26/00 (2006.01)
G09G 3/34 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2007-0062588
(43) 공개일자 2007년06월15일

(21) 출원번호 10-2007-7009740
(22) 출원일자 2007년04월27일
심사청구일자 없음
번역문 제출일자 2007년04월27일
(86) 국제출원번호 PCT/US2005/034307 (87) 국제공개번호 WO 2006/036847
국제출원일자 2005년09월23일 국제공개일자 2006년04월06일

(30) 우선권주장 11/223,824 2005년09월09일 미국(US)
60/613,537 2004년09월27일 미국(US)

(71) 출원인 아이디씨 엘엘씨
미국 94107 캘리포니아주 샌프란시스코 서드 스트리트 2415

(72) 발명자 코타리 마니시
미국 95014 캘리포니아주 쿠퍼티노 팜 애비뉴 22460
탕 용강
미국 95008 캘리포니아주 캠프벨 파블로 산토 드라이브 1630
갤리 브라이언 제이.
미국 95032 캘리포니아주 로스 가토스 벨라 비스타 애비뉴 346
쿠밍스 윌리엄 제이.
미국 94030 캘리포니아주 밀브래 애쉬튼 애비뉴 149

(74) 대리인 유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 84 항

(54) 간섭 변조기의 동적 특징에 대한 측정

(57) 요약

디스플레이를 조명하는 다양한 시스템 및 방법이 개시된다. 일실시예에서, 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하는 단계, 간섭 변조기에 전압 펄스를 인가하는 단계, 간섭 변조기로부터 광의 반사율을 검출하는 단계, 및 검출된 광의 반사율을 기초로 간섭 변조기의 하나 이상의 품질 파라미터를 결정하는 단계를 포함하며, 여기서 인가 전압 펄스는 간섭 변조기로 하여금 작동 상태와 비작동 상태 또는 비작동 상태와 작동 상태 사이에서 변경하도록 하는, 방법이 제공된다.

대표도

도 8

특허청구의 범위

청구항 1.

복수의 간섭 변조기를 시험하는 방법에 있어서,

상기 간섭 변조기의 상태를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변경시키기 위해 상기 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하는 단계;

상기 전압 파형을 인가하면서 시간을 함수로 하여 상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 검출하는 단계; 및

상기 검출하는 단계의 결과를 기초로 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하는 단계를 포함하는 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 전압 파형을 인가하는 단계는, 상기 전압 파형을 10Hz 내지 5000Hz 사이의 주파수로 인가하는 단계를 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 3.

제2항에 있어서,

상기 전압 파형을 인가하는 단계는, 상기 전압 파형을 50Hz 내지 500Hz 사이의 주파수로 인가하는 단계를 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 4.

제3항에 있어서,

상기 전압 파형을 인가하는 단계는, 상기 전압 파형을 50Hz 내지 150Hz 사이의 주파수로 인가하는 단계를 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 5.

제4항에 있어서,

상기 전압 파형을 인가하는 단계는, 상기 전압 파형을 약 100Hz의 주파수로 인가하는 단계를 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 6.

제1항에 있어서,

상기 전압 파형은 복수의 상기 간섭 변조기 전체에 동시에 인가되는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 7.

제1항에 있어서,

상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 검출하는 단계는, 복수의 상기 간섭 변조기의 일부로부터 반사된 광을 검출하는 단계를 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 8.

제1항에 있어서,

상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 검출하는 단계는, 반사된 광을 광검출기로 측정하는 단계를 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 9.

제1항에 있어서,

상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 검출하는 단계는, 반사된 광을 상기 간섭 변조기의 전면에 위치한 확산기를 통해 측정하는 단계를 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 10.

제1항에 있어서,

상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 검출하는 단계는, 반사된 광을 상기 간섭 변조기에 거의 수직을 이루는 각도에서 측정하는 단계를 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 11.

제1항에 있어서,

상기 전압 파형은 오프셋 전압 레벨에 있는 제1 부분과 작동 전압 레벨에 있는 제2 부분을 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 12.

제1항에 있어서,

상기 전압 파형의 진폭은 상기 간섭 변조기가 작동하도록 하는 데 필요한 전압의 대략 2배 미만인, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 13.

제12항에 있어서,

상기 전압 파형의 진폭은 상기 간섭 변조기가 작동하도록 하는 데 필요한 전압의 대략 1.25배인, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 14.

제1항에 있어서,

상기 전압 파형은 작동 전압 레벨에 있는 제1 부분과 오프셋 전압 레벨에 있는 제2 부분을 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 15.

제1항에 있어서,

상기 응답 시간 파라미터를 결정하는 단계는, 상기 간섭 변조기의 포지티브 작동 응답 시간(T_{pa})에 대한 응답 시간을 결정하는 단계를 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 16.

제1항에 있어서,

상기 응답 시간 파라미터를 결정하는 단계는, 상기 간섭 변조기의 네거티브 작동 응답 시간(T_{na})에 대한 응답 시간을 결정하는 단계를 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 17.

제1항에 있어서,

상기 응답 시간 파라미터를 결정하는 단계는, 상기 간섭 변조기의 포지티브 해방 응답 시간(T_{pr})에 대한 응답 시간을 결정하는 단계를 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 18.

제1항에 있어서,

상기 응답 시간 파라미터를 결정하는 단계는, 상기 간섭 변조기의 네거티브 작동 응답 시간(T_{nr})에 대한 응답 시간을 결정하는 단계를 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 19.

제1항에 있어서,

상기 응답 시간 파라미터는 복수의 상기 간섭 변조기 중 하나 이상의 간섭 변조기의 가장 느린 응답 시간을 기반으로 하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 20.

복수의 간섭 변조기를 시험하기 위한 시스템에 있어서,

복수의 상기 간섭 변조기에 입사광을 제공하도록 구성된 조명원;

상기 간섭 변조기를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변화시키기 위해, 상기 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하도록 구성된 전압원;

복수의 상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 검출하여, 검출된 광에 대응하는 신호를 생성하도록 구성된 광학 검출기; 및

상기 광학 검출기로부터 상기 신호를 수신하고, 그 신호에 기초하여 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하도록 구성된 컴퓨터

를 포함하는 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 21.

제20항에 있어서,

상기 전압원은 또한 상기 전압 파형을 10Hz 내지 5000Hz 사이의 주파수로 인가하도록 구성되는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 22.

제20항에 있어서,

상기 전압원은 또한 상기 전압 파형을 50Hz 내지 500Hz 사이의 주파수로 인가하도록 구성되는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 23.

제20항에 있어서,

상기 전압원은 또한 상기 전압 파형을 50Hz 내지 150Hz 사이의 주파수로 인가하도록 구성되는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 24.

제20항에 있어서,

상기 전압 파형은 복수의 상기 간섭 변조기 전체에 동시에 인가되는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 25.

제20항에 있어서,

상기 광학 검출기는 또한 반사된 광을 광검출기로 측정하도록 구성된, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 26.

제20항에 있어서,

상기 광학 검출기는 또한 반사된 광을 상기 간섭 변조기의 전면에 위치한 확산기를 통해 측정함으로써 반사된 광을 검출하도록 구성된, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 27.

제20항에 있어서,

상기 광학 검출기는 또한 반사된 광을 상기 간섭 변조기에 거의 수직을 이루는 각도에서 측정함으로써 반사된 광을 검출하도록 구성된, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 28.

제20항에 있어서,

상기 컴퓨터는, 상기 간섭 변조기에 전압을 인가하는 때를 나타내는 신호를 상기 전압원로부터 수신하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 29.

제20항에 있어서,

상기 컴퓨터에 의해 결정된 상기 응답 시간 파라미터는, 상기 간섭 변조기의 포지티브 작동 응답 시간(T_{pa})인, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 30.

제20항에 있어서,

상기 컴퓨터에 의해 결정된 상기 응답 시간 파라미터는, 상기 간섭 변조기의 네거티브 작동 응답 시간(T_{na})인, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 31.

제20항에 있어서,

상기 컴퓨터에 의해 결정된 상기 응답 시간 파라미터는, 상기 간섭 변조기의 포지티브 해방 응답 시간(T_{pr})인, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 32.

제20항에 있어서,

상기 컴퓨터에 의해 결정된 상기 응답 시간 파라미터는, 상기 간섭 변조기의 네거티브 작동 응답 시간(T_{nr})인, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 33.

제20항에 있어서,

하나 이상의 상기 응답 시간 파라미터는 복수의 상기 간섭 변조기 중 하나 이상의 간섭 변조기의 가장 느린 응답 시간을 기반으로 하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 34.

복수의 간섭 변조기를 시험하기 위한 시스템에 있어서,

복수의 상기 간섭 변조기에 광을 제공하는 광 제공 수단;

상기 간섭 변조기를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변화시키기 위해, 상기 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하는 전압 파형 인가 수단;

복수의 상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 검출하는 반사광 검출 수단;

검출된 광에 대응하는 신호를 생성하는 신호 생성 수단; 및

상기 신호에 기초하여 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하는 응답 시간 파라미터 결정 수단을 포함하는 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 35.

제34항에 있어서,

상기 광 제공 수단은 광대역의 광원을 포함하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 36.

제34항 또는 제35항에 있어서,

상기 전압 파형 인가 수단은 전압원을 포함하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 37.

제34항 내지 제36항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 반사광 검출 수단은 광학 검출기를 포함하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 38.

제34항 내지 제36항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 반사광 검출 수단은 분광계(spectrometer)를 포함하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 39.

제34항 내지 제38항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 신호 생성 수단은 광학 검출기를 포함하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 40.

제34항 내지 제39항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 응답 시간 파라미터 결정 수단은, 상기 반사광 검출 수단으로부터 신호를 수신하도록 구성된 컴퓨터를 포함하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 41.

제34항에 있어서,

하나 이상의 상기 응답 시간 파라미터는 복수의 상기 간섭 변조기 중 하나 이상의 간섭 변조기의 최단 응답 시간을 기반으로 하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 42.

복수의 간섭 변조기를 시험하기 위한 시스템의 제조 방법에 있어서,

복수의 상기 간섭 변조기에 입사광을 제공하도록 구성된 조명원을 배치하는 단계;

상기 간섭 변조기를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변화시키기 위해, 상기 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하도록 구성된 전압원을 배치하는 단계;

복수의 상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 검출하여, 검출된 광에 대응하는 신호를 생성하도록 구성된 광학 검출기를 배치하는 단계; 및

상기 광학 검출기로부터 상기 신호를 수신하고, 그 신호에 기초하여 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하도록 구성된 컴퓨터를 배치하는 단계

를 포함하는 간섭 변조기 시험 시스템의 제조 방법.

청구항 43.

청구항 42의 간섭 변조기 시험 시스템의 제조 방법에 의해 제조된 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 44.

복수의 간섭 변조기를 시험하는 방법에 있어서,

상기 간섭 변조기를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변경시키기 위해, 상기 간섭 변조기에 바이어스 전압을 제공하면서, 상기 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하는 단계;

상기 전압 파형을 인가하면서 상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 검출하는 단계; 및

상기 반사된 광의 검출에 기초하여 복수의 상기 간섭 변조기의 적어도 일부분의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하는 단계

를 포함하는 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 45.

제44항에 있어서,

상기 하나 이상의 응답 시간 파라미터는 복수의 상기 간섭 변조기 중 하나 이상의 간섭 변조기의 가장 느린 작동 시간을 기반으로 하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 46.

제44항에 있어서,

상기 결정하는 단계에 의해, 네거티브 작동 전압을 인가함으로써 작동되는 상기 간섭 변조기의 적어도 일부의 간섭 변조기의 작동 시간이 결정되는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 47.

제44항에 있어서,

상기 결정하는 단계에 의해, 포지티브 작동 전압을 갖는 전압 파형의 일부분을 인가함으로써 작동되는 복수의 상기 간섭 변조기의 적어도 일부의 간섭 변조기의 작동 시간이 결정되는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 48.

제44항에 있어서,

상기 결정하는 단계에 의해, 포지티브 해방 전압을 갖는 전압 파형의 일부분을 인가함으로써 해방되는 복수의 상기 간섭 변조기의 적어도 일부의 간섭 변조기의 해방 시간이 결정되는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 49.

제44항에 있어서,

상기 결정하는 단계에 의해, 네거티브 해방 전압을 갖는 전압 파형의 일부분을 인가하는 동안 복수의 상기 간섭 변조기의 적어도 일부의 간섭 변조기의 해방 시간이 결정되는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 50.

제44항에 있어서,

상기 전압 파형은, 상기 간섭 변조기를 작동 상태로 하는 전압 레벨을 갖는 제1 부분과, 바이어스 전압 레벨을 갖는 제2 부분과, 상기 간섭 변조기를 해방 상태로 하기에 충분한 전압 레벨을 갖는 제3 부분을 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 51.

제44항에 있어서,

상기 전압 파형은, 상기 간섭 변조기를 해방 상태로 하는 전압 레벨을 갖는 제1 부분과, 바이어스 전압 레벨을 갖는 제2 부분과, 상기 간섭 변조기를 작동 상태로 하기에 충분한 전압 레벨을 갖는 제3 부분을 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 52.

복수의 간섭 변조기를 시험하기 위한 시스템에 있어서,

상기 간섭 변조기를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변화시키기 위해, 상기 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하도록 구성된 전압원;

상기 간섭 변조기를 조명하도록 구성된 광원;

상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 수신하여, 대응하는 신호를 생성하도록 구성된 검출기; 및

상기 검출기로부터 상기 신호를 수신하고, 그 신호에 기초하여, 작동 전압 또는 해방 전압을 인가하는 동안의 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하도록 구성된 컴퓨터

를 포함하는 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 53.

제52항에 있어서,

상기 하나 이상의 응답 파라미터는 하나 이상의 간섭 변조기의 가장 느린 작동 시간을 기반으로 하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 54.

제52항에 있어서,

상기 컴퓨터는 또한 네거티브 작동 전압 레벨을 갖는 전압 파형의 인가 동안 상기 간섭 변조기의 적어도 일부의 간섭 변조기의 작동 응답 시간을 결정하도록 구성된, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 55.

제52항에 있어서,

상기 컴퓨터는 또한 포지티브 작동 전압 레벨을 갖는 전압 파형의 인가 동안 상기 간섭 변조기의 적어도 일부의 간섭 변조기의 작동 응답 시간을 결정하도록 구성된, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 56.

제52항에 있어서,

상기 컴퓨터는 또한 상기 간섭 변조기의 적어도 일부의 간섭 변조기의 해방 응답 시간을 결정하도록 구성된, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 57.

제52항에 있어서,

상기 컴퓨터는 또한 네거티브 해방 전압을 갖는 전압 파형의 일부의 인가 동안 상기 간섭 변조기의 적어도 일부의 간섭 변조기의 해방 시간을 결정하도록 구성된, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 58.

제52항에 있어서,

상기 컴퓨터는 또한 네거티브 작동 전압의 인가 동안 상기 간섭 변조기의 적어도 일부의 간섭 변조기의 작동 시간을 결정하도록 구성된, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 59.

제52항에 있어서,

상기 컴퓨터는 또한 포지티브 작동 전압의 인가 동안 상기 간섭 변조기의 적어도 일부의 간섭 변조기의 작동 시간을 결정하도록 구성된, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 60.

복수의 간섭 변조기를 시험하기 위한 시스템에 있어서,

상기 간섭 변조기를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변화시키기 위해, 상기 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하는 수단;

상기 간섭 변조기를 조명하는 수단;

상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 감지하여, 대응하는 신호를 생성하는 수단; 및

상기 신호에 기초하여, 작동 전압 또는 해방 전압을 인가하는 동안의 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하는 수단

을 포함하는 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 61.

제60항에 있어서,

상기 하나 이상의 응답 시간 파라미터는 하나 이상의 간섭 변조기의 가장 느린 작동 시간을 기반으로 하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 62.

제60항에 있어서,

상기 인가하는 수단은 제어 가능한 전압원을 포함하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 63.

제60항 또는 제62항에 있어서,

상기 조명하는 수단은 광원을 포함하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 64.

제60항, 제62항 또는 제63항에 있어서,

상기 반사된 광을 감지하여 대응하는 신호를 생성하는 수단은, 광검출기를 포함하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 65.

제60항, 제62항, 제63항 또는 제64항에 있어서,

상기 결정하는 수단은 컴퓨터를 포함하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 66.

복수의 간섭 변조기를 시험하기 위한 시스템의 제조 방법에 있어서,

상기 간섭 변조기를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변화시키기 위해, 상기 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하도록 구성된 전압원을 제공하는 단계;

상기 간섭 변조기를 조명하도록 구성된 광원을 위치시키는 단계;

상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 수신하여, 대응하는 신호를 생성하도록 구성된 검출기를 위치시키는 단계; 및

상기 검출기로부터 상기 신호를 수신하고, 그 신호에 기초하여, 작동 전압 또는 해방 전압을 인가하는 동안의 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하도록 구성된 컴퓨터를, 상기 검출기에 접속시키는 단계

를 포함하는 간섭 변조기 시험 시스템의 제조 방법.

청구항 67.

청구항 66의 간섭 변조기 시험 시스템의 제조 방법에 의해 제조된 복수의 간섭 변조기를 시험하기 위한 시스템.

청구항 68.

복수의 간섭 변조기를 시험하는 방법에 있어서,

상기 간섭 변조기를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변화시키기에 충분한 스위칭 전압 레벨을 인가해야 할 시간을 설정하는 단계;

상기 시간 동안 상기 스위칭 전압 레벨을 갖는 전압 파형을 인가하는 단계;

상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 검출하는 단계;

상기 검출 단계에서 검출된 결과에 기초하여 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하는 단계; 및

소정의 수의 화소가 작동되는지 또는 해방되는지를 나타내는 임계값이 달성되는 최소의 시간을 확인하기 위해, 상기 설정하는 단계, 상기 인가하는 단계, 상기 검출하는 단계, 및 상기 결정하는 단계를 반복하는 단계

를 포함하는 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 69.

제68항에 있어서,

상기 하나 이상의 응답 시간 파라미터는 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 간섭 변조기의 가장 느린 작동 시간을 기반으로 하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 70.

제68항에 있어서,

상기 간섭 변조기의 상태를 변경시키기 위해 인가되는 전압은, 상기 간섭 변조기가 바이어스 전압을 받는 동안에 인가되는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 71.

제68항에 있어서,

상기 반사된 광을 검출하는 단계는 육안 분석을 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 72.

제68항에 있어서,

상기 반사된 광을 검출하는 단계는, 광학 시스템에서 광을 수신하는 단계와, 콘트라스트를 측정하는 단계를 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 73.

제68항에 있어서,

상기 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하는 단계는, 작동 응답 시간을 결정하는 단계를 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 74.

제68항에 있어서,

상기 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하는 단계는, 해방 응답 시간을 결정하는 단계를 포함하는, 간섭 변조기 시험 방법.

청구항 75.

복수의 간섭 변조기를 시험하기 위한 시스템에 있어서,

소정의 수의 상기 간섭 변조기를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변화시키기에 충분한 스위칭 전압 레벨을 인가해야 할 시간을 결정하도록 구성된 컴퓨터;

상기 컴퓨터에 의해 제어되며, 상기 시간 동안 상기 스위칭 전압 레벨을 갖는 전압 파형을 인가하도록 구성된 전압원;

상기 간섭 변조기를 조명하도록 위치한 광원; 및

상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 수신하여 수신된 광에 대응하는 신호를 생성하도록 위치한 검출기

를 포함하며,

상기 컴퓨터는, 상기 검출기로부터 신호를 수신하고, 그 신호를 기초로, 상기 컴퓨터에 의해 결정된 상기 시간 동안 작동되거나 또는 해방되는 화소의 수가 임계값을 충족하는 최소 시간을 확인하기 위해 상기 전압 파형을 인가하는 시간 길이를 반복적으로 변화시키며, 확인된 상기 최소 시간에 기초하여 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하도록 구성되는,

간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 76.

제75항에 있어서,

상기 하나 이상의 응답 시간 파라미터는 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 간섭 변조기의 가장 느린 작동 시간 또는 해방 시간을 기반으로 하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 77.

복수의 간섭 변조기를 시험하기 위한 시스템에 있어서,

복수의 상기 간섭 변조기를 비작동 상태와 작동 상태 또는 작동 상태와 비작동 상태 사이에서 변화시키기에 충분한 스위칭 전압 레벨을 인가해야 할 시간을 결정하는, 시간 결정 수단;

상기 시간 결정 수단에 의해 결정된 시간 동안 복수의 상기 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하는, 전압 파형 인가 수단;

상기 간섭 변조기를 조명하는, 조명 수단; 및

상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 감지하여 감지된 광에 대응하는 신호를 생성하는, 감지 및 신호 생성 수단

을 포함하며,

상기 시간 결정 수단은 상기 감지 및 신호 생성 수단으로부터 상기 신호를 수신하며,

상기 시간 결정 수단은, 또한, 상기 시간 결정 수단에 의해 결정된 복수의 시간 동안 상기 전압 파형을 반복적으로 인가하도록 상기 전압 파형 인가 수단을 제어하고, 그 신호를 기초로, 상기 시간 결정 수단에 의해 결정된 상기 시간 동안, 작동되거나 또는 해방되는 화소의 수가 임계값을 충족하는 최소 시간을 확인하도록 구성된

간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 78.

제77항에 있어서,

상기 하나 이상의 응답 시간 파라미터는 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 간섭 변조기의 가장 느린 작동 시간 또는 해방 시간을 기반으로 하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 79.

제77항에 있어서,

상기 시간 결정 수단은 컴퓨터를 포함하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 80.

제77항 또는 제79항에 있어서,

상기 전압 파형 인가 수단은 전압원을 포함하는, 간섭 변조기 시험 시스템.

청구항 81.

제77항, 제79항 또는 제80항에 있어서,

상기 조명 수단은 광원을 포함하는, 간접 변조기 시험 시스템.

청구항 82.

제77항, 제79항, 제80항 또는 제81항에 있어서,

상기 감지 및 신호 생성 수단은 광검출기를 포함하는, 간접 변조기 시험 시스템.

청구항 83.

복수의 간접 변조기를 시험하기 위한 시스템의 제조 방법에 있어서,

상기 간접 변조기를 해방 상태와 작동 상태 또는 작동 상태와 해방 상태 사이에서 변화시키기에 충분한 스위칭 전압 레벨을 인가해야 할 시간을 결정하도록 구성된 컴퓨터를 제공하는 단계;

상기 시간 동안 상기 스위칭 전압 레벨을 갖는 전압 파형을 인가하도록 구성된 전압원을 상기 컴퓨터에 접속시키는 단계;

상기 간접 변조기를 조명하도록 광원을 위치시키는 단계; 및

상기 간접 변조기로부터 반사된 광을 수신하여 수신된 광에 대응하는 신호를 생성하도록 검출기를 위치시키는 단계

를 포함하며,

상기 컴퓨터는, 상기 검출기로부터 신호를 수신하고, 그 신호를 기초로, 상기 컴퓨터에 의해 결정된 상기 시간 동안 작동되거나 또는 해방되는 화소의 수가 임계값을 충족하는 최소 시간을 확인하기 위해 상기 전압 파형을 인가하는 시간 길이를 반복적으로 변화시키며, 확인된 상기 최소 시간에 기초하여 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하도록 구성되는,

간접 변조기 시험 시스템의 제조 방법.

청구항 84.

청구항 83의 간접 변조기 시험 시스템의 제조 방법에 의해 제조된 복수의 간접 변조기를 시험하기 위한 시스템.

명세서

기술분야

본 발명은 미소 기전 시스템(MEMS)의 분야에 관한 것이다.

배경기술

미소 기전 시스템(MEMS)은 미소 기계 소자, 액추에이터, 및 전자 기기를 포함한다. 미소 기계 소자는 적층(deposition), 에칭, 및/또는 기관 및/또는 적층된 재료 층의 일부를 에칭으로 제거하거나 전기 기기 및 기전 기기를 만들기 위해 층을 부가하는 그 밖의 기타 미소 기계 가공 공정을 이용하여 제조될 수 있다. 미소 기전 시스템 기기의 한 형태로서 간접 변조기가 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 간접 변조기 또는 간접 광변조기는 광 간섭의 원리를 이용하여 광을 선택적으로 흡수하거나 반사하는 기기를 말한다. 특정 실시예에서, 간접 변조기는 한 쌍의 전도성 플레이트를 포함하고, 이들 중 하나 또는 양자 모두는 전체적으로 또는 부분적으로 투명하거나 및/또는 반사성을 가지고 있을 수 있고, 적절한 전기 신호가

인가되면 상대적으로 이동할 수 있다. 특별한 실시예에서, 하나의 플레이트는 기관상에 적층된 고정층을 포함하여 구성되고, 다른 하나의 플레이트는 에어갭에 의해 상기 고정층으로부터 이격된 금속막을 포함하여 구성될 수 있다. 본 명세서에 더욱 상세히 기재된 바와 같이, 하나의 플레이트 위치는 다른 하나의 플레이트의 위치와 관련하여 간섭 변조기 상에 입사하는 광의 광 간섭을 변화시킬 수 있다. 간섭 변조기가 특정 응용 기기에 적합한지를 판정하기 위해 간섭 변조기의 성능을 나타내는 간섭 변조기의 파라미터를 측정할 수 있는 것이 이로운 것이다. MEMS 간섭 변조기를 디스플레이 제품에 통합시키기 전에 MEMS 간섭 변조기의 성능을 시험하는 것은, 디스플레이 제품의 제조 공정에서 조기에 제조 상의 문제점을 발견하고 결함이 있는 간섭 변조기를 식별하는 데 유용하다.

발명의 상세한 설명

본 발명의 시스템, 방법 및 기기 각각은 몇 가지의 관점을 가지고 있으며, 하나의 관점이 단독으로 그 원하는 특성에 책임이 있는 것은 아니다. 이들의 더욱 현저한 특징들에 대해 간략히 설명할 것이지만, 이러한 설명은 본 발명의 기술사상을 제한하기 위한 것은 아니다. 본 설명을 고려한 후, 특히 본 명세서 내의 "실시예" 부분을 읽고난 후, 본 명세서에 개시된 다양한 실시예가 다른 방법 및 디스플레이 기기에 대해 어떻게 이점을 제공하는지를 이해하게 될 것이다.

본 발명의 일 실시예에서, 간섭 변조기 시험 방법은, 상기 간섭 변조기의 상태를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변경시키기 위해 상기 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하는 단계; 상기 전압 파형을 인가하면서 시간을 함수로 하여 상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 검출하는 단계; 및 상기 광을 검출하는 단계의 결과를 기초로 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하는 단계를 포함한다.

본 발명의 다른 실시예에서, 복수의 간섭 변조기를 시험하기 위한 시스템은, 복수의 상기 간섭 변조기에 입사광을 제공하도록 구성된 조명원; 상기 간섭 변조기를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변화시키기 위해, 상기 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하도록 구성된 전압원; 복수의 상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 검출하여, 검출된 광에 대응하는 신호를 생성하도록 구성된 광학 검출기; 및 상기 광학 검출기로부터 상기 신호를 수신하고, 그 신호에 기초하여 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하도록 구성된 컴퓨터를 포함한다.

본 발명의 다른 실시예에서, 복수의 간섭 변조기를 시험하기 위한 시스템은, 복수의 상기 간섭 변조기에 광을 제공하는 광 제공 수단; 상기 간섭 변조기를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변화시키기 위해, 상기 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하는 전압 파형 인가 수단; 복수의 상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 검출하는 반사광 검출 수단; 검출된 광에 대응하는 신호를 생성하는 신호 생성 수단; 및 상기 신호에 기초하여 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하는 응답 시간 파라미터 결정 수단을 포함한다.

본 발명의 다른 실시예에서, 복수의 간섭 변조기를 시험하기 위한 시스템의 제조 방법은, 복수의 상기 간섭 변조기에 입사광을 제공하도록 구성된 조명원을 배치하는 단계; 상기 간섭 변조기를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변화시키기 위해, 상기 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하도록 구성된 전압원을 배치하는 단계; 복수의 상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 검출하여, 검출된 광에 대응하는 신호를 생성하도록 구성된 광학 검출기를 배치하는 단계; 및 상기 광학 검출기로부터 상기 신호를 수신하고, 그 신호에 기초하여 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하도록 구성된 컴퓨터를 배치하는 단계를 포함한다.

본 발명의 다른 실시예에서, 복수의 간섭 변조기를 시험하는 방법은, 상기 간섭 변조기를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변경시키기 위해, 상기 간섭 변조기에 바이어스 전압을 제공하면서, 상기 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하는 단계; 상기 전압 파형을 인가하면서 상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 검출하는 단계; 및 상기 반사된 광의 검출에 기초하여 복수의 상기 간섭 변조기의 적어도 일부분의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하는 단계를 포함한다.

본 발명의 다른 실시예에서, 복수의 간섭 변조기를 시험하기 위한 시스템은, 상기 간섭 변조기를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변화시키기 위해, 상기 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하도록 구성된 전압원; 상기 간섭 변조기를 조명하도록 구성된 광원; 상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 수신하여, 대응하는 신호를 생성하도록 구성된 검출기; 및 상기 검출기로부터 상기 신호를 수신하고, 그 신호에 기초하여, 작동 전압 또는 해방 전압을 인가하는 동안의 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하도록 구성된 컴퓨터를 포함한다.

본 발명의 다른 실시예에서, 복수의 간섭 변조기를 시험하기 위한 시스템은, 상기 간섭 변조기를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변화시키기 위해, 상기 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하는 수단; 상기 간섭 변조기를

조명하는 수단; 상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 감지하여, 대응하는 신호를 생성하는 수단; 및 상기 신호에 기초하여, 작동 전압 또는 해방 전압을 인가하는 동안의 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하는 수단을 포함한다.

본 발명의 다른 실시예에서, 복수의 간섭 변조기를 시험하기 위한 시스템의 제조 방법은, 상기 간섭 변조기를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변화시키기 위해, 상기 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하도록 구성된 전압원을 제공하는 단계; 상기 간섭 변조기를 조명하도록 구성된 광원을 위치시키는 단계; 상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 수신하여, 대응하는 신호를 생성하도록 구성된 검출기를 위치시키는 단계; 및 상기 검출기로부터 상기 신호를 수신하고, 그 신호에 기초하여, 작동 전압 또는 해방 전압을 인가하는 동안의 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하도록 구성된 컴퓨터를, 상기 검출기에 접속시키는 단계를 포함한다.

본 발명의 다른 실시예에서, 복수의 간섭 변조기를 시험하는 방법은, 상기 간섭 변조기를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변화시키기에 충분한 스위칭 전압 레벨을 인가해야 할 시간을 설정하는 단계; 상기 시간 동안 상기 스위칭 전압 레벨을 갖는 전압 파형을 인가하는 단계; 상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 검출하는 단계; 상기 검출 단계에서 검출된 결과에 기초하여 상기 간섭 변조기의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하는 단계; 및 소정의 수의 화소가 작동되는지 또는 해방되는지를 나타내는 임계값이 달성되는 최소의 시간을 확인하기 위해, 상기 설정하는 단계, 상기 인가하는 단계, 상기 검출하는 단계, 및 상기 결정하는 단계를 반복하는 단계를 포함한다.

본 발명의 다른 실시예에서, 복수의 간섭 변조기를 시험하기 위한 시스템은, 소정의 수의 상기 간섭 변조기를 작동 상태와 해방 상태 또는 해방 상태와 작동 상태 사이에서 변화시키기에 충분한 스위칭 전압 레벨을 인가해야 할 시간을 결정하도록 구성된 컴퓨터; 상기 컴퓨터에 의해 제어되며, 상기 시간 동안 상기 스위칭 전압 레벨을 갖는 전압 파형을 인가하도록 구성된 전압원; 상기 간섭 변조기를 조명하도록 위치한 광원; 및 상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 수신하여 수신된 광에 대응하는 신호를 생성하도록 위치한 검출기를 포함하며, 여기서, 상기 컴퓨터는, 상기 검출기로부터 신호를 수신하고, 그 신호를 기초로, 상기 컴퓨터에 의해 결정된 상기 시간 동안 작동되거나 또는 해방되는 화소의 수가 임계값을 충족하는 최소 시간을 확인하기 위해 상기 전압 파형을 인가하는 시간 길이를 반복적으로 변화시키며, 확인된 상기 최소 시간에 기초하여 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하도록 구성된다.

본 발명의 다른 실시예에서, 복수의 간섭 변조기를 시험하기 위한 시스템은, 복수의 상기 간섭 변조기를 비작동 상태와 작동 상태 또는 작동 상태와 비작동 상태 사이에서 변화시키기에 충분한 스위칭 전압 레벨을 인가해야 할 시간을 결정하는, 시간 결정 수단; 상기 시간 결정 수단에 의해 결정된 시간 동안 복수의 상기 간섭 변조기에 전압 파형을 인가하는, 전압 파형 인가 수단; 상기 간섭 변조기를 조명하는, 조명 수단; 및 상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 감지하여 감지된 광에 대응하는 신호를 생성하는, 감지 및 신호 생성 수단을 포함하며, 여기서, 상기 시간 결정 수단은 상기 감지 및 신호 생성 수단으로부터 상기 신호를 수신하며, 상기 시간 결정 수단은, 또한, 상기 시간 결정 수단에 의해 결정된 복수의 시간 동안 상기 전압 파형을 반복적으로 인가하도록 상기 전압 파형 인가 수단을 제어하고, 그 신호를 기초로, 상기 시간 결정 수단에 의해 결정된 상기 시간 동안, 작동되거나 또는 해방되는 화소의 수가 임계값을 충족하는 최소 시간을 확인하도록 구성된다.

본 발명의 다른 실시예에서, 복수의 간섭 변조기를 시험하기 위한 시스템의 제조 방법은, 상기 간섭 변조기를 해방 상태와 작동 상태 또는 작동 상태와 해방 상태 사이에서 변화시키기에 충분한 스위칭 전압 레벨을 인가해야 할 시간을 결정하도록 구성된 컴퓨터를 제공하는 단계; 상기 시간 동안 상기 스위칭 전압 레벨을 갖는 전압 파형을 인가하도록 구성된 전압원을 상기 컴퓨터에 접속시키는 단계; 상기 간섭 변조기를 조명하도록 광원을 위치시키는 단계; 및 상기 간섭 변조기로부터 반사된 광을 수신하여 수신된 광에 대응하는 신호를 생성하도록 검출기를 위치시키는 단계를 포함하며, 여기서, 상기 컴퓨터는, 상기 검출기로부터 신호를 수신하고, 그 신호를 기초로, 상기 컴퓨터에 의해 결정된 상기 시간 동안 작동되거나 또는 해방되는 화소의 수가 임계값을 충족하는 최소 시간을 확인하기 위해 상기 전압 파형을 인가하는 시간 길이를 반복적으로 변화시키며, 확인된 상기 최소 시간에 기초하여 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정하도록 구성된다.

실시예

이하의 상세한 설명은 본 발명의 구체적인 실시예에 관한 것이다. 그러나 본 발명은 여러 가지 다른 방법과 방식으로 구현될 수 있다. 이하의 설명에서, 도면이 참조되는데, 전체 도면에 걸쳐 동일한 부분에 대해 동일한 번호가 사용된다.

이하의 설명으로부터 명백한 바와 같이, 본 발명은 동화상(예컨대, 비디오)이든 정지 화상(예컨대, 스틸 이미지)이든, 또는 텍스트이든 그림이든, 이미지를 디스플레이하도록 구성된 것이라면 어떠한 기기에든 구현될 수 있다. 보다 상세하게는, 본 발명은 한정되지는 않지만, 예컨대, 이동 전화기, 무선 기기, 개인 휴대용 정보 단말기(PDA), 손에 들고다니거나 휴대할 수 있는 컴퓨터, GPS 수신기/내비게이터, 카메라, MP3 플레이어, 캠코더, 게임 콘솔, 손목 시계, 시계, 계산기, 텔레비전 모니터

터, 평판 디스플레이, 컴퓨터 모니터, 자동차 디스플레이(예컨대, 주행 거리계 디스플레이), 조종석 제어 장치 및/또는 디스플레이, 감시 카메라의 디스플레이(예컨대, 자동차에서의 후방 감시 카메라의 디스플레이), 전자 사진 액자, 전자 계산판 또는 전자 표시기, 프로젝터, 건축 구조물, 포장물, 및 미적 구조물(예컨대, 보석 상의 이미지 디스플레이) 등과 같은 다양한 전자 기기에서 실현되거나 관련되는 것으로 고려된다. 또한, 여기서 개시한 미소 기전 시스템(MEMS) 기기와 유사한 구조의 기기를 전자 스위칭 기기와 같은 비(非)디스플레이 분야에 사용할 수도 있다.

MEMS 간섭 변조기를 디스플레이 제품에 통합시키기 전에 MEMS 간섭 변조기의 성능을 시험하는 것은, 디스플레이 제품의 제조 공정에서 조기에 제조 상의 문제점을 발견하고 결함이 있는 간섭 변조기를 식별하는 데 유용하다. 일부 실시예에서, 간섭 변조기 어레이가 그 사용 용도에 대한 기준에 적합한 응답 시간을 충족하는지를 확인하기 위해 간섭 변조기 어레이의 동작이 시험된다. 일반적으로, 응답 시간은 간섭 변조기가 적합한 인가 전압 신호에 응답하여 작동 상태에서 해방 상태로 또는 그 반대로 변경하는데 소요되는 시간의 길이이다.

일부 실시예에서, 간섭 변조기 어레이의 동작은 간섭 변조기를 작동 상태 또는 해방 상태로 설정하면서 간섭 변조기 어레이로부터 반사된 광을 검출함으로써 시험된다. 반사광의 양을, 작동하고 있는 또는 해방되어 있는 간섭 변조기의 수와 연계시키는 임계값을 먼저 결정함으로써, 간섭 변조기 어레이가 상태를 변경하도록 하는 구동 전압을 인가하고, 간섭 변조기 어레이로부터 반사된 광에 기초하여 소정의 수의 간섭 변조기가 상태를 변경하는데 얼마나 오래 소요되는지를 결정하여, 간섭 변조기 어레이의 응답 시간을 결정한다. 반사광은 조작자에 의해 육안으로 검출되거나 또는 자동으로(예컨대, 컴퓨터화된 검사 시스템에 의해) 검출된다. 작동 응답 시간 또는 해방 응답 시간을 측정하는 것은, 간섭 변조기가 비교적 고속의 리프레시 레이트를 요구하는 장치에 사용될 예정일 때에, 예컨대 이미지 데이터를 비디오 데이터 레이트로 디스플레이할 때에 특히 중요하다. 복수의 간섭 변조기에 대한 응답 시간을 시험하기 위한 대표적인 응용 기기에서, 측정된 응답 시간은 응답 시간에 영향을 주는 변수의 가장 느린 응답을 반영한다.

응답 시간을 측정하기 위한 한 가지 방식은 먼저 간섭 변조기에 오프셋 전압을 인가하여 이들 간섭 변조기를 해방 상태로 하고, 그 후 작동 전압을 인가하는 것이다. 또 다른 시험에서, 간섭 변조기를 해방 상태로 하기 위해 먼저 오프셋 전압을 인가하고, 그 후 바이어스 전압을 인가하며, 최종적으로는 작동 전압을 인가하여, 간섭 변조기가 통상적으로 작동하는(예컨대, 히스테리시스 영역 내에서 작동하는) 방식으로 응답 시간을 시험한다. 이 양자의 시험의 경우, 작동 전압은 응답 시간에 비해 상대적으로 긴 시간 동안 인가된다. 이와 달리, 소정의 수의 간섭 변조기를 작동(또는 해방)시키기 위해 요구되는 최소량의 시간을 결정하기 위해 작동 전압을 인가하는 시간 길이를 변화시킬 수도 있다.

간섭계 미소 기전 시스템(MEMS) 디스플레이 소자를 포함하여 구성된 간섭 변조기 디스플레이의 일 실시예가 도 1에 도시되어 있다. 이러한 기기에서, 픽셀은 밝은 상태 또는 어두운 상태 중 하나의 상태로 된다. 밝은 상태("온 상태" 또는 "개방 상태")에서는, 디스플레이 소자가 입사되는 가시광의 대부분을 사용자에게 반사한다. 어두운 상태("오프 상태" 또는 "폐쇄 상태")에서는, 디스플레이 소자가 입사되는 가시광을 사용자에게 거의 반사하지 않는다. 실시예에 따라서는, "온 상태"와 "오프 상태"의 광 반사 특성이 반대로 바뀔 수도 있다. 미소 기전 시스템 픽셀은 선택된 컬러를 두드러지게 반사하여 흑백뿐 아니라 컬러 디스플레이도 가능하도록 구성될 수 있다.

도 1은 영상 디스플레이의 일련의 픽셀들에서 인접하는 두 개의 픽셀을 나타낸 등각 투영도이다. 여기서, 각 픽셀은 미소 기전 시스템의 간섭 변조기를 포함하여 구성된다. 일부 실시예에서, 간섭 변조기 디스플레이는 이들 간섭 변조기들의 행렬 어레이를 포함하여 구성된다. 각각의 간섭 변조기는, 적어도 하나의 치수가 가변적인 공진 광학 캐비티를 형성하도록 서로 가변적이고 제어가능한 거리를 두고 배치되어 있는 한 쌍의 반사층을 포함한다. 일 실시예에서, 이 반사층들 중 하나가 두 개의 위치 사이에서 이동될 수 있다. 제1 위치에서(여기서는 "해방 상태"라고 한다), 이동 가능한 층은 부분적으로 반사하는 고정된 층으로부터 상대적으로 먼 거리에 위치한다. 제2 위치에서, 이동 가능한 층은 부분적으로 반사하는 층에 보다 가까이 인접하여 위치한다. 두 개의 층으로부터 반사되는 입사광은 이동 가능한 반사층의 위치에 따라 보강적으로 또는 상쇄적으로 간섭하여, 각 픽셀을 전체적으로 반사 상태 또는 비반사 상태로 만든다.

도 1에 도시된 부분의 픽셀 어레이는 두 개의 인접하는 간섭 변조기(12a, 12b)를 포함한다. 좌측에 있는 간섭 변조기(12a)에서는, 이동 가능한 반사층(14a)이, 부분적 반사층을 포함하는 광학 스택(16a)으로부터 소정의 거리를 두고 해방 위치에 있는 것이 도시되어 있다. 우측에 있는 간섭 변조기(12b)에서는, 이동 가능한 반사층(14b)이, 광학 스택(16b)에 인접한 작동 위치에 있는 것이 도시되어 있다.

광학 스택(16a, 16b)(광학 스택(16)으로 총칭함)은 본 명세서에서 언급된 바와 같이, 통상적으로, 인듐주석산화물(ITO)과 같은 전극층을 포함할 수 있는 수 개의 기폭층(fused layer), 크롬과 같은 부분 반사층, 및 투명 유전체를 포함한다. 그러므로, 광학 스택(16)은 전기적으로 도전성이고 부분적으로 투명하며 또한 부분적으로 반사성이며, 예를 들어 하나 이상의 상기 층들을 투명 기판(20) 위에 적층시킴으로써 제조될 수 있다. 일부의 실시예에서, 상기 층들은 병렬 스트립으로 패터닝

되어, 상세히 후술하는 바와 같이 디스플레이 기기의 수평열 전극(row electrode)을 형성할 수 있다. 이동 가능한 층(14a, 14b)은, 포스트(18)의 상부와 이 포스트들 사이에 개재된 희생 재료의 표면에 적층된 금속층으로 된 일련의 병렬 스트립(수평열 전극(16a, 16b)에 수직하는)으로 형성될 수 있다. 희생 재료를 에칭하여 제거하면, 이동 가능한 반사층(14a 및 14b)이, 형성된 갭(19)에 의해 광학 스택(16a 및 16b)으로부터 이격된다. 상기 반사층(14)은 알루미늄과 같이 도전성과 반사성이 높은 재료를 이용하여 형성할 수 있고, 이들 스트립은 디스플레이 기기의 수직열 전극(column electrode)을 형성할 수 있다.

전압이 인가되지 않으면, 이동 가능한 반사층(14a)과 광학 스택(16a) 사이에 캐비티(19)가 그대로 존재하게 되고, 이동 가능한 층(14a)은 도 1의 픽셀(12a)로 도시된 바와 같이, 기계적으로 해방된 상태로 있게 된다. 그러나 선택된 행과 열에 전위차가 인가되면, 해당하는 픽셀에서 수평열 전극과 수직열 전극이 교차하는 지점에 형성된 커패시터가 충전되어, 정전기력이 이들 전극을 서로 당기게 된다. 만일 전압이 충분히 높다면, 이동 가능한 반사층(14)은 변형되어 광학 스택(16)에 대해 힘을 받게 된다. 광학 스택(16) 내의 유전층(이 도면에는 도시되지 않음)은 도 1에서 우측에 도시된 픽셀(12b)과 같이, 단락을 방지하고 층들(14 및 16) 사이의 이격 거리를 제어할 수 있다. 이러한 양상은 인가된 전위차의 극성에 관계없이 동일하다. 이러한 방식으로, 반사와 비반사의 픽셀 상태를 제어할 수 있는 수평열/수직열 구동은 종래의 액정 디스플레이나 다른 디스플레이 기술에서 사용되었던 방식과 여러 가지 면에서 유사하다.

도 2 내지 도 5는 디스플레이 응용분야에서 간섭 변조기의 어레이를 사용하는 하나의 예시적 공정 및 시스템을 나타낸다.

도 2는 본 발명의 여러 측면을 포함할 수 있는 전자 기기의 일실시예를 나타낸 시스템 블록도이다. 본 실시예에서는, 전자 기기가 프로세서(21)를 포함한다. 이 프로세서(21)는 ARM, Pentium[®], Pentium II[®], Pentium III[®], Pentium IV[®], Pentium[®] Pro, 8051, MIPS[®], Power PC[®], ALPHA[®] 등과 같은 범용의 단일칩 또는 멀티칩 마이크로프로세서나, 또는 디지털 신호 처리기, 마이크로컨트롤러, 프로그래머블 게이트 어레이 등과 같은 특정 목적의 마이크로프로세서일 수 있다. 해당 기술 분야에서 알려진 바와 같이, 프로세서(21)는 하나 이상의 소프트웨어 모듈을 실행하도록 구성될 수 있다. 오퍼레이팅 시스템을 실행하는 것 외에도, 프로세서는 웹 브라우저, 전화 응용프로그램, 이메일 프로그램, 또는 임의의 다른 소프트웨어 응용프로그램을 포함하여 하나 이상의 소프트웨어 응용프로그램을 실행하도록 구성될 수 있다.

일실시예에서, 프로세서(21)는 또한 어레이 드라이버(22)와 통신하도록 구성된다. 일실시예에서, 어레이 드라이버(22)는 디스플레이 어레이 또는 디스플레이 패널(30)에 신호를 제공하는 수평열 구동 회로(24) 및 수직열 구동 회로(26)를 포함한다. 도 2에서 라인 1-1을 따라 절취한 어레이의 단면도가 도 1에 도시되어 있다. 미소 기전 시스템의 간섭 변조기에 대한 수평열/수직열 구동 프로토콜은 도 3에 도시된 기기의 히스테리시스 특성을 이용할 수 있다. 이동 가능한 층을 해방 상태에서 작동 상태로 변형시키기 위해, 예컨대, 10볼트의 전위차가 요구될 수 있다. 그러나, 전압이 그 값으로부터 감소할 때, 전압이 10볼트 이하로 떨어지더라도 이동 가능한 층은 그 상태를 유지한다. 도 3의 실시예에서, 이동 가능한 층은 전압이 2볼트 이하로 떨어질 때까지는 완전히 해방되지 않는다. 따라서, 기기가 해방 상태 또는 작동 상태 중 어느 하나의 상태로 안정되는 인가 전압 영역이 존재하는 전압의 범위가 있다. 도 3에서는 약 3~7볼트가 예시되어 있다. 이것을 본 명세서 내에서는 "히스테리시스 영역" 또는 "안정 영역"으로 지칭한다. 도 3의 히스테리시스 특성을 가진 디스플레이 어레이에서는, 수평열/수직열 구동 프로토콜은, 수평열 스트로브(row strobe)가 인가되는 동안에 스트로브가 인가된 수평열에 있는 픽셀들 중에 작동되어야 할 픽셀들은 약 10볼트의 전위차에 노출되고, 해방되어야 할 픽셀들은 0(영)볼트에 가까운 전위차에 노출되도록 설계될 수 있다. 스트로브를 인가한 후에는, 픽셀들이 수평열 스트로브에 의해 어떠한 상태가 되었든지 간에 그 상태로 유지되도록 약 5볼트의 정상 상태 전압차를 적용받는다. 기록된 후에, 각 픽셀은 본 실시예에서는 3~7볼트인 "안정 영역" 내의 전위차를 가진다. 이러한 구성으로 인해, 도 1에 도시된 픽셀 구조가 동일한 인가 전압의 조건 하에서 작동 상태든 해방 상태든 기존의 상태로 안정되게 된다. 작동 상태로 있던 해방 상태로 있던, 간섭 변조기의 각 픽셀은 필연적으로 고정된 반사층과 이동하는 반사층에 의해 형성되는 커패시터이기 때문에, 이 안정된 상태는 히스테리시스 영역 내의 전압에서 거의 전력 낭비 없이 유지될 수 있다. 인가 전위가 고정되어 있으면, 필연적으로 픽셀에 유입되는 전류는 없다.

전형적인 응용예로서, 첫 번째 수평열에 있는 소정 세트의 작동된 픽셀에 따라 한 세트의 수직열 전극을 어서팅(asserting)함으로써 디스플레이 프레임의 한 줄을 만들 수 있다. 그런 다음, 수평열 펄스를 수평열 1의 전극에 인가하여 어서팅된 수직열 라인에 대응하는 픽셀들을 작동시킨다. 그러면, 수직열 전극의 어서팅된 세트가 두 번째 수평열에 있는 소정 세트의 작동된 픽셀에 대응하도록 변경된다. 그런 다음, 펄스를 수평열 2의 전극에 인가하여 어서팅된 수직열 전극에 따라 수평열 2에서의 해당하는 픽셀을 작동시킨다. 수평열 1의 픽셀들은 수평열 2의 펄스에 영향을 받지 않고, 수평열 1의 펄스에 의해 설정되었던 상태를 유지한다. 이러한 동작을 순차적으로 전체 수평열에 대해 반복하여 프레임을 생성할 수 있다. 일반적으로, 이러한 프레임들은 초당 소정 수의 프레임에 대해 이러한 처리를 계속해서 반복함으로써 리프레시(refresh)되거나, 및/또는 새로운 디스플레이 데이터로 갱신된다. 수평열 및 수직열 전극을 구동하여 디스플레이 프레임을 생성하는 많은 다양한 프로토콜이 잘 알려져 있고, 본 발명과 관련하여 사용될 수 있다.

도 4 및 도 5는 도 2의 3×3 어레이에 디스플레이 프레임을 생성할 수 있는 하나의 구동 프로토콜을 나타낸다. 도 4는 도 3의 히스테리시스 곡선을 나타내는 픽셀들에 사용될 수 있는 수직열 및 수평열의 가능한 전압 레벨 세트를 보여준다. 도 4의 실시예에서, 픽셀을 작동시키기 위해, 해당하는 수직열은 $-V_{bias}$ 로 설정하고 해당하는 수평열은 $+\Delta V$ 로 설정한다. 이들 전압은 각각 -5볼트와 +5볼트에 대응할 것이다. 픽셀을 해방시키기 위해서는, 해당하는 수직열은 $+V_{bias}$ 로 설정하고 해당하는 수평열은 동일한 값의 $+\Delta V$ 로 설정하여, 픽셀에 걸리는 전위차가 0(영)볼트가 되도록 한다. 수평열의 전압이 0(영)볼트로 되어 있는 수평열에서는, 수직열이 $+V_{bias}$ 이든 $-V_{bias}$ 이든 관계없이 픽셀들이 원래의 상태로 안정된다. 도 4에 도 도시된 바와 같이, 전술한 것과는 반대 극성의 전압을 사용할 수 있는데, 예컨대, 적절한 수직열을 $+V_{bias}$ 로 설정하고 적절한 수평열을 $-\Delta V$ 로 설정하여 픽셀의 작동을 향상시킬 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 본 실시예에서, 적절한 수직열을 $-V_{bias}$ 로 설정하고 적절한 수평열을 동일한 $-\Delta V$ 로 설정하여, 픽셀 양단에서 0(영) 볼트 전위차를 생성함으로써 픽셀의 해방이 수행될 수 있다.

도 5b는 도 2의 3×3 어레이에 인가되는 일련의 수평열 및 수직열 신호를 보여주는 타이밍도이며, 그 결과로서 작동된 픽셀들이 비반사성을 나타내는 도 5a에 도시된 디스플레이 배열이 얻어진다. 도 5a에 도시된 프레임을 기록하기 전에, 픽셀들은 어떤 상태로 되어 있어도 무방하다. 본 예에서는, 모든 수평열들이 0(영)볼트이고, 모든 수직열들이 +5볼트이다. 이러한 인가 전압으로, 모든 픽셀들은 기존의 작동 상태 또는 해방 상태로 안정되어 있다.

도 5a의 프레임에서, (1,1), (1,2), (2,2), (3,2) 및 (3,3)의 픽셀들이 작동된다. 이를 구현하기 위해, 수평열 1에 대한 "라인 시간" 동안, 수직열 1과 2는 -5볼트로 설정되고, 수직열 3은 +5볼트로 설정된다. 이것은 어느 픽셀의 상태도 바꾸지 않는다. 왜냐하면, 모든 픽셀들이 3~7볼트의 안정 영역 내에 있기 때문이다. 그런 다음, 수평열 1에 0볼트에서 5볼트로 상승한 후 다시 0볼트로 되는 펄스를 가진 스트로브를 인가한다. 이것은 (1,1) 및 (1,2)의 픽셀을 작동시키고 (1,3)의 픽셀을 해방시킨다. 어레이의 다른 픽셀들은 영향을 받지 않는다. 수평열 2를 원하는 대로 설정하기 위해, 수직열 2를 -5볼트로 설정하고, 수직열 1 및 수직열 3은 +5볼트로 설정한다. 동일한 스트로브를 수평열 2에 인가하면, (2,2)의 픽셀이 작동되고, (2,1) 및 (2,3)의 픽셀이 해방된다. 여전히, 어레이의 다른 픽셀들은 영향을 받지 않는다. 수직열 2 및 수직열 3을 -5볼트로 설정하고 수직열 1을 +5볼트로 설정함으로써, 수평열 3도 마찬가지로 설정될 수 있다. 수평열 3에 대한 스트로브로 인해 수평열 3의 픽셀들도 도 5a에 도시된 바와 같이 설정된다. 프레임을 기록한 후에, 수평열 전위는 0(영)이고, 수직열 전위는 +5볼트 또는 -5볼트로 남아있으므로, 디스플레이는 도 5a의 배열로 안정된다. 수십 또는 수백의 수평열 및 수직열로 된 어레이에 대해 동일한 처리가 행해질 수 있다는 것은 잘 알 수 있을 것이다. 또한, 수평열 및 수직열의 구동을 위해 사용되는 전압의 타이밍, 순서 및 레벨은 위에서 설명한 전반적인 원리 내에서 다양하게 변경될 수 있고, 전술한 예는 예시에 불과하고, 임의의 구동 전압 방법을 본 명세서에 서술한 시스템 및 방법에 적용하여도 무방하다.

도 6a 및 6b는 디스플레이 기기(40)의 실시예를 나타내는 시스템 블록도이다. 디스플레이 기기(40)는, 예컨대, 휴대 전화 기일 수 있다. 그러나, 텔레비전이나 휴대용 미디어 플레이어와 같이 디스플레이 기기(40)와 동일한 구성품이나 약간 변형된 것도 디스플레이 기기의 여러 가지 형태의 예에 해당한다.

디스플레이 기기(40)는 하우징(41), 디스플레이(30), 안테나(43), 스피커(45), 입력 기기(48), 및 마이크로폰(46)을 포함한다. 하우징(41)은 일반적으로 사출 성형이나 진공 성형을 포함하여 해당 기술분야에서 잘 알려진 여러 가지 제조 공정 중 어느 것에 의해서도 제조될 수 있다. 또한, 하우징(41)은, 한정되는 것은 아니지만, 플라스틱, 금속, 유리, 고무, 및 세라믹 또는 이들의 조합을 포함하여 여러 가지 재료 중 어느 것으로도 만들어질 수 있다. 일실시예에서, 하우징(41)은 분리가능한 부분(도시되지 않음)을 포함하고, 이 분리가능한 부분은 다른 색상이나 다른 로고, 그림 또는 심벌을 가진 다른 분리가능한 부분으로 교체될 수 있다.

본 예의 디스플레이 기기(40)의 디스플레이(30)는, 여기서 개시한 쌍안정(bi-stable) 디스플레이를 포함하여, 여러 가지 디스플레이 중 어느 것이어도 무방하다. 다른 실시예에서, 디스플레이(30)는, 상술한 바와 같은, 플라즈마, EL, OLED, STN LCD, 또는 TFT LCD 등과 같은 평판형 디스플레이와, 해당 기술분야에서 당업자에게 잘 알려진 바와 같은, CRT나 다른 튜브 디스플레이 기기 등과 같은 비평판형 디스플레이를 포함한다. 그러나 본 실시예를 설명하기 위해, 디스플레이(30)는 여기서 설명하는 바와 같이 간섭 변조기 디스플레이를 포함한다.

예시된 디스플레이 기기(40)의 일실시예에서의 구성요소가 도 6b에 개략적으로 도시되어 있다. 도시된 예의 디스플레이 기기(40)는 하우징(41)을 포함하고, 적어도 부분적으로 하우징 내에 배치되어 있는 구성요소들을 추가로 포함할 수 있다. 예컨대, 일실시예에서, 본 예의 디스플레이 기기(40)가 송수신기(47)에 연결된 안테나(43)를 포함하는 네트워크 인터페이스(27)를 포함할 수 있다. 송수신기(47)는 프로세서(21)에 연결되어 있고, 프로세서(21)는 컨디셔닝 하드웨어

(conditioning hardware)(52)에 연결되어 있다. 컨디셔닝 하드웨어(2052)는 신호의 상태를 조절하도록(예컨대, 신호를 필터링하도록) 구성될 수 있다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 스피커(2045)와 마이크로폰(2046)에 연결되어 있다. 프로세서(2021)는 입력 기기(48)와 드라이버 컨트롤러(29)에도 연결되어 있다. 드라이버 컨트롤러(29)는 프레임 버퍼(28)와 어레이 드라이버(22)에 연결되어 있고, 어레이 드라이버는 디스플레이 어레이(30)에 연결되어 있다. 전원(50)은 예시된 디스플레이 기기(40)의 특정 설계에 따라 요구되는 모든 구성요소에 전원을 공급한다.

네트워크 인터페이스(27)는 예시된 디스플레이 기기(40)가 네트워크를 통해 하나 이상의 기기들과 통신할 수 있도록 안테나(43)와 송수신기(47)를 포함한다. 일실시예에서, 네트워크 인터페이스(27)는 프로세서(21)의 부담을 경감하기 위해 어느 정도의 처리 능력을 가질 수도 있다. 안테나(43)는 신호를 송수신하는 것으로서, 해당 기술분야의 당업자에게 알려진 어떠한 안테나라도 무방하다. 일실시예에서, 안테나는 IEEE 802.11(a), IEEE 802.11(b), 또는 IEEE 802.11(g)를 포함하는 IEEE802.11 표준에 따라 RF 신호를 송수신한다. 다른 실시예에서, 안테나는 블루투스 표준에 따라 RF 신호를 송수신한다. 휴대 전화기의 경우, 안테나는 CDMA, GSM, AMPS 또는 무선 휴대폰 네트워크를 통한 통신에 사용되는 공지의 다른 신호를 수신하도록 설계된다. 송수신기(47)는 안테나(43)로부터 수신한 신호를, 프로세서(2021)가 수신하여 처리할 수 있도록 사전 처리한다. 또한, 송수신기(47)는 프로세서(21)로부터 수신한 신호를, 안테나(43)를 통해 본 예의 디스플레이 기기(40)로부터 전송될 수 있도록 처리한다.

다른 실시예에서, 송수신기(47)는 수신기로 대체될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 네트워크 인터페이스(27)는 프로세서(21)로 전송될 이미지 데이터를 저장하거나 생성할 수 있는 이미지 소스로 대체될 수 있다. 예컨대, 이미지 소스는 이미지 데이터를 담고 있는 DVD나 하드디스크 드라이브일 수도 있고, 이미지 데이터를 생성하는 소프트웨어 모듈일 수도 있다.

프로세서(21)는 일반적으로 본 예의 디스플레이 기기(40)의 전반적인 동작을 제어한다. 프로세서(21)는 네트워크 인터페이스(27)나 이미지 소스로부터 압축된 이미지 데이터 등을 수신하여, 이를 본래의 이미지 데이터 또는 본래의 이미지 데이터로 처리될 수 있는 포맷으로 가공한다. 그런 다음, 프로세서(21)는 가공된 데이터를 드라이버 컨트롤러(29)나 저장을 위한 프레임 버퍼(28)로 보낸다. 전형적으로, 본래의 데이터는 이미지 내의 각 위치에 대한 이미지 특성을 나타내는 정보를 말한다. 예컨대, 그러한 이미지 특성은 컬러, 포화도(채도), 명도(그레이 스케일 레벨)를 포함할 수 있다.

일실시예에서, 프로세서(21)는 마이크로컨트롤러, CPU, 또는 예시된 디스플레이 기기(40)의 동작을 제어하는 논리 유닛을 포함한다. 일반적으로, 컨디셔닝 하드웨어(52)는, 스피커(45)로 신호를 보내고 마이크(46)로부터 신호를 받기 위해, 증폭기와 필터를 포함한다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 예시된 디스플레이 기기(40) 내의 별도의 구성요소일 수도 있고, 또는 프로세서(21)나 다른 구성요소 내에 통합되어 있을 수도 있다.

드라이버 컨트롤러(29)는 프로세서(21)에 의해 생성된 본래의 이미지 데이터를 이 프로세서(21)로부터 직접 또는 프레임 버퍼(28)로부터 받아서, 이를 어레이 드라이버(22)에 고속으로 전송하기에 적합한 포맷으로 재구성한다. 구체적으로, 드라이버 컨트롤러(29)는 디스플레이 어레이(30)를 가로질러 스캐닝하기에 적합한 시간 순서를 가지도록 본래의 이미지 데이터를 래스터(raster)와 같은 포맷을 가진 데이터 흐름으로 재구성한다. 그런 다음, 드라이버 컨트롤러(29)는 재구성된 정보를 어레이 드라이버(22)로 보낸다. 종종 액정 디스플레이의 컨트롤러 등과 같은 드라이버 컨트롤러(29)가 독립형 집적회로(stand-alone IC)로서 시스템 프로세서(21)와 통합되기도 하지만, 이러한 컨트롤러는 여러 가지 방법으로 구현될 수 있다. 이러한 컨트롤러는 프로세서(21)에 하드웨어로서 내장될 수도 있고, 또는 어레이 드라이버(22)와 함께 하드웨어로 완전히 통합될 수도 있다.

통상적으로, 어레이 드라이버(22)는 드라이버 컨트롤러(29)로부터 재구성된 정보를 받아서, 이 비디오 데이터를 디스플레이의 x-y 행렬의 픽셀들로부터 이어져 나온 수백 때로는 수천 개의 리드선에 초당 수 회에 걸쳐 인가되는 병렬의 파형 세트에 변환한다.

일실시예에서, 드라이버 컨트롤러(29), 어레이 드라이버(22), 및 디스플레이 어레이(30)는 여기서 기술한 어떠한 형태의 디스플레이에 대해서도 적합하다. 예컨대, 일실시예에서, 드라이버 컨트롤러(29)는 종래의 디스플레이 컨트롤러 또는 쌍안정 디스플레이 컨트롤러(예컨대, 간섭 변조기 컨트롤러)이다. 다른 실시예에서, 어레이 드라이버(22)는 종래의 드라이버 또는 쌍안정 디스플레이 드라이버(예컨대, 간섭 변조기 디스플레이)이다. 일실시예에서, 드라이버 컨트롤러(29)는 어레이 드라이버(22)와 통합되어 있다. 이러한 실시예는 휴대폰, 시계 및 다른 소형 디스플레이와 같은 고집적 시스템에서는 일반적인 것이다. 또 다른 실시예에서, 디스플레이 어레이(30)는 전형적인 디스플레이 어레이 또는 쌍안정 디스플레이 어레이(예컨대, 간섭 변조기 어레이를 포함하는 디스플레이)이다.

입력 기기(48)는 사용자로 하여금 예시된 디스플레이 기기(40)의 동작을 제어할 수 있도록 한다. 일실시예에서, 입력 기기(48)는 쿼티(QWERTY) 키보드나 전화기 키패드 등의 키패드, 버튼, 스위치, 터치 스크린, 압력 또는 열 감지 막을 포함한다. 일실시예에서, 마이크로폰(46)은 예시된 디스플레이 기기(40)의 입력 기기이다. 기기에 데이터를 입력하기 위해 마이크(46)가 사용되는 경우에, 예시된 디스플레이 기기(40)의 동작을 제어하기 위해 사용자는 음성 명령을 제공할 수 있다.

전원(50)은 해당 기술분야에서 잘 알려진 다양한 에너지 저장 기기를 포함할 수 있다. 예컨대, 일실시예에서, 전원(50)은 니켈-카드뮴 전지나 리튬-이온 전지와 같은 재충전가능한 전지이다. 다른 실시예에서, 전원(50)은 재생가능한 에너지원, 커패시터, 또는 플라스틱 태양 전지와 태양 전지 도료를 포함하는 태양 전지이다. 다른 실시예에서, 전원(50)은 콘센트로부터 전력을 공급받도록 구성된다.

몇몇 구현예에서는, 전술한 바와 같이, 전자 디스플레이 시스템 내의 여러 곳에 위치될 수 있는 드라이버 컨트롤러의 제어를 프로그래밍 가능하게 구성할 수 있다. 어떤 경우에는, 어레이 드라이버(22)의 제어를 프로그래밍 가능하게 구성할 수도 있다. 해당 기술분야의 당업자라면 임의의 수의 하드웨어 및/또는 소프트웨어 구성요소로도 전술한 최적화 상태를 구현할 수 있고, 또 여러 가지 다양한 구성으로 구현할 수도 있다는 것을 인식할 수 있을 것이다.

전술한 원리에 따라 동작하는 간섭 변조기에 대한 상세한 사항은 폭넓게 변할 수 있다. 예를 들어, 도 7a 내지 도 7e는 이동 가능한 반사층(14)과 그것을 지지하는 구조체에 대한 5가지 상이한 실시예를 도시하고 있다. 도 7a는 도 1의 실시예의 단면도이며, 여기서 금속 재료(14)의 스트립은 수직으로 연장하는 지지체(18) 위에 적층되어 있다. 도 7b에서, 상기 이동 가능한 반사층(14)은 모서리만 지지되도록 사슬(tether)(32)에 부착되어 있다. 도 7c에서, 상기 이동 가능한 반사층(14)은 가요성 금속을 포함하는 변형 가능한 층(34)으로부터 현수되어 있다. 변형 가능한 층(34)은 그 주위가 기관(20)에 직접 또는 간접적으로 연결되어 있다. 이러한 연결을 본 명세서에서는 지지 포스트라 칭한다. 도 7d에 도시된 실시예에서는 상기 변형 가능한 층(34)이 얹혀 있는 지지 포스트 플러그(42)가 도시되어 있다. 상기 이동 가능한 반사층(14)은 도 7a 내지 도 7c에 도시되어 있는 것과 같이 캐비티에 현수된 상태에 있지만, 상기 변형 가능한 층(34)은 그 자신과 광학 스택(16) 사이의 홈을 채움으로써 지지 포스트를 형성하지 않는다. 오히려, 상기 지지 포스트들은 평면화 재료(planarization material)로 형성되는데, 이 평면화 재료는 지지 포스트 플러그(42)를 형성하는데 사용된다. 도 7e에 도시된 실시예는 도 7d에 도시된 실시예에 기반을 두고 있지만, 도 7a 내지 도 7c에 도시된 실시예들 중 어느 것뿐만 아니라 도시되지 않은 추가의 실시예에도 적용될 수 있다. 도 7e에 도시된 실시예에서, 금속 또는 다른 도전성 재료로 이루어진 여분의 층은 버스 구조체(44)를 형성하는데 사용되어 왔다. 이에 따라 신호가 간섭 변조기의 뒤를 따라 루팅될 수 있고, 기관(20) 상에 형성되어야만 하였던 많은 수의 전극이 필요 없어지게 된다.

도 7에 도시된 것과 같은 실시예에서, 간섭 변조기는 다이렉트-뷰 기기(direct-view device)와 같은 기능을 하는데, 이것은 투명 기관(20)의 전면으로부터 이미지가 보이고, 그 반대편에 간섭 변조기가 배열되어 있는 구조이다. 이러한 실시예에서, 변형 가능한 층(34)을 포함하여, 반사층(14)은 기관(20)의 반대편에 있는 반사층측의 간섭 변조기의 일부분을 광학적으로 차폐한다. 이에 의해, 차폐 영역이 형성되어, 화질에 부정적인 영향을 주지 않고서 동작될 수 있다. 이러한 분리 가능한 변조기 아키텍처에 의해, 변조기의 전자기적 관점과 광학적 관점에 이용되는 구조적 설계 및 재료가 선택되어 서로 독립적으로 기능할 수 있게 된다. 또한, 도 7c 내지 도 7e에 도시된 실시예들은, 반사층(14)의 광학적 특성을, 변형 가능한 층(34)에 의해 수행되는 기전적 특성과는 분리함으로써 생기는 추가의 이점을 갖는다. 이에 의해, 그 구조적 설계 및 반사층(14)에 사용되는 재료를 상기 광학적 특성과 관련해서 최적화할 수 있고, 상기 구조적 설계 및 상기 변형 가능한 층(34)에 사용되는 재료를 원하는 기계적 특성과 관련해서 최적화할 수 있다.

MEMS 간섭 변조기의 제조는 포토리소그래피, 증착(예컨대, 화학적 증기 증착(CVD)과 같은 "건식" 방법과 스핀 코팅과 같은 습식 방법), 마스크, 및 에칭(예컨대, 플라즈마 에칭과 같은 건식 방법과 습식 방법) 등의 종래의 반도체 제조 기술을 이용할 수도 있다. MEMS 간섭 변조기를 디스플레이 제품에 통합시키기 전에 MEMS 간섭 변조기의 성능을 시험하는 것은, 디스플레이 제품의 제조 공정에서 조기에 제조 상의 문제점을 발견하고 결함이 있는 간섭 변조기를 식별하는 데 유용하다.

일부 실시예에서, 간섭 변조기 어레이의 동작은 간섭 변조기를 본 명세서에서 후술되는 바와 같은 소정의 공정으로 작동 상태 또는 해방 상태로 설정하면서 간섭 변조기 어레이로부터 반사된 광을 검출함으로써 시험된다. 이러한 시험은 해방 상태 또는 작동 상태에서의 간섭 변조기 어레이의 균일성을 시험하거나 또는 작동 및/또는 해방 응답 시간을 결정하는 것을 포함한 요구된 품질 검사를 결정하기 위해 행해질 수 있다. 검사 방법학에 따라서는, 반사광은 육안으로(예컨대, 조작자에 의해) 검출되거나 또는 자동으로(예컨대, 컴퓨터화된 검사 시스템에 의해) 검출될 수 있다. 예컨대, 도 8은 간섭 변조기 어레이가 다양한 공지의 상태로 구동되고 있는 동안에 간섭 변조기 어레이에 조명을 가하여 간섭 변조기 어레이로부터 반사된 광을 육안으로 검사함으로써 결함 검출을 위해 간섭 변조기 어레이를 검사하는 시스템의 실시예를 예시하고 있다.

MEMS 간섭 변조기는 프로브 마운트(102)에 위치된다. 프로브 마운트(102)는 본 명세서에 개시되는 구동 방식을 이용하

여 간섭 변조기 어레이의 구동 상태를 제어하기 위해 스위치 박스(104) 및/또는 제어 컴퓨터(106)와 인터페이스된다. 일부 실시예에서는, 관찰자(110)가 투과광 디스플레이(non-specular display)를 관찰하도록 확산기 플레이트(108)가 간섭 변조기 어레이 위에 위치된다. 반사광의 육안 관찰을 지원하기 위해 연속 스펙트럼의 광원(112)이 제공될 수 있다. 일부 실시예에서, 복수의 디스플레이가 관찰자(110)에 의해 관찰되어 관찰 작업의 양을 증가시킬 수도 있다. 간섭 변조기 어레이를 시험하기 위해 본 명세서에 개시된 시스템 및 공정은 어레이 형태로 구성되지 않은 단일의 또는 복수의 간섭 변조기를 시험하기 위해 이용될 수도 있다.

일부 실시예에서, 시험 공정은 자동화될 수도 있다. 그러므로, 예컨대, 인가된 전압 자극을 함수로 하는 반사율의 검출은 간섭 변조기 어레이 상의 소정의 영역에서 자동적으로 수행될 수도 있다. 파라미터 및 품질 제어 결정을 위한 계산은 컴퓨터 장치 상에서 수행되는 적합한 알고리즘을 이용하여 자동으로 수행될 수도 있다. 또한, 대량 제조된 간섭 변조기 디스플레이에 대해 높은 처리량이 달성될 수 있도록 시험 장치 내에 간섭 변조기 어레이를 위치시키는 과정이 자동화될 수도 있다. 일부 실시예에서, 대량 제조된 디스플레이의 백분율 단위로 선택된 샘플이 품질 제어를 목적으로 시험된다.

자동화된 검출 시스템을 이용하여 간섭 변조기 어레이의 반사율을 측정하는 데 적합한 장치의 일 실시예가 도 9에 도시되어 있다. 복수의 간섭 변조기, 예컨대 도 1에 도시된 간섭 변조기와 유사한 복수의 간섭 변조기를 포함하는 간섭 변조기 어레이(120)가 구동 전압원(122)에 전기적으로 접속된다. 구동 전압원(122)은 정현파 전압 파형 등의 시간에 따라 변화하는 전압 자극을 간섭 변조기 어레이(120)에 인가한다. 전압 신호는 간섭 변조기 어레이(120)의 모든 간섭 변조기에 동시에 인가될 수도 있다. 이와 달리, 반사율이 측정되고 있는 간섭 변조기에만 전압 신호를 인가할 수도 있다. 광원(124)은 간섭 변조기 어레이(120)를 조명한다. 일 실시예에서는 광원(124)으로서 표준 D65 광원이 사용된다. 광원(124)은 간섭 변조기 어레이(120)에 광(126)을 제공하며, 이 광은 그 후 위쪽으로 반사된다.

간섭 변조기 어레이(120)로부터의 반사광(130)의 세기를 검출하기 위해 광검출기(128)가 이용될 수도 있다. 간섭 변조기 어레이(120) 위에는 선택 사항으로서 확산기막(132)이 위치될 수도 있다. 확산기막(132)은 간섭 변조기 어레이(120)로부터 반사된 광(130)을 산란시킨다. 이러한 산란에 의해, 광원(124) 및 광검출기(128)가 간섭 변조기 어레이(120)에 관련하여 도면부호 134 및 136으로 표시된 각도로 위치될 수 있게 된다. 각도 134 및 136이 여각(complementary)을 이루는 경우에 간섭 변조기 어레이(120)로부터 반사되는 입사광이 최대로 되지만, 확산기막(132)을 사용함으로써 가장 큰 정반사 각도와는 상이한 각도에서 검출이 가능하게 된다. 확산기막(132)이 사용되지 않는다면, 입사광(126)이 간섭 변조기 어레이(120)의 수직에 근접한 각도로 간섭 변조기 어레이(120)에 입사하여 간섭 변조기 어레이(120)로부터 반사되는 것이 이룰 수 있다. 이러한 구성은, 간섭 변조기가 좁은 관찰 각도를 가짐으로써 반사광의 세기를 더 넓은 각도에서 급속하게 저하시킬 수 있기 때문에 바람직하다.

반사율 대 전압 특성(예컨대, 히스테리시스 곡선)을 기록하고 전기적인 파라미터를 계산하기 위해, 광검출기(128)에 연결되는 컴퓨터(138)가 사용될 수 있다. 컴퓨터(138)는 간섭 변조기 어레이(120)에 구동 전압이 인가될 때의 시간에 관련하여 간섭 변조기 응답 시간 정보를 제공하기 위해 구동 전압원(122)에 접속될 수 있다. 복수의 간섭 변조기, 예컨대 간섭 변조기 어레이에 대해 응답 시간을 시험하기 위해 대표적인 응용 기기에 있어서, 측정된 응답 시간은 응답 시간에 영향을 주는 변수의 가장 느린 응답을 반영한다.

MEMS 간섭 변조기가 반사성 및 정반사 성질을 나타내기 때문에, 기관 표면에 모두 수직을 이루는(인-라인 조명) 입사광과 반사광에 대한 간섭 변조기 어레이의 반사에 대한 측정치를 검출하는 것이 이룰 것이다. 일 실시예에서, 인-라인 조명(in-line lighting)은 도 10에 예시된 시스템을 이용하여 달성된다. 이 시스템에서, 광원(152)으로부터의 광을 평가되고 있는 간섭 변조기 어레이(120) 상으로 반사하는 빔 스플리터(150)가 제공된다. 빔 스플리터(150)에 의해 반사된 광(126)의 경로는 간섭 변조기 어레이(120)에 수직을 이룬다. 구동 전압원(122)은, 광원(152)이 간섭 변조기 어레이(120)를 조명하는 동안에, 시간에 따라 변화하는 요구된 전압 자극을 간섭 변조기 어레이(120)에 인가한다.

검출 모듈(128)은 간섭 변조기 어레이(120)로부터 반사되어 빔 스플리터(150)를 통과하는 광(130)을 검출하도록 위치된다. 이 방식에서는, 입사광(126)과 반사광(130) 모두가 간섭 변조기 어레이(120)에 수직을 이루게 된다. 일부 실시예에서, 본 시스템은 전체 액티브 표면 영역의 적은 부분만을 평가하기 위해 현미경 대물렌즈(154)를 추가로 포함할 수도 있다. 간섭 변조기 어레이(120)는 프로브 마운트(156)에 위치될 것이며, 이 프로브 마운트는 간섭 변조기 어레이(120)를 이동시키기 위한 X-Y 스테이지(158)에 고정되어, 액티브 영역의 요구된 부분이 평가를 위해 현미경 대물렌즈(154) 아래에 있도록 할 수 있다. 검출 모듈(128)은 광검출기 또는 분광계 등의 하나 이상의 검출기와, CCD 카메라(160)를 포함할 수도 있다.

하나 이상의 검출기에 의한 동시 측정을 위해 하나 이상의 빔 스플리터(162)가 사용될 수도 있다. 광원(152)은 바람직한 정반사 특성 및 세기 특성을 갖는 광을 제공하도록 선택될 것이다. 예컨대, 간섭 변조기 어레이(120)가 통합될 예정의 디스

플레이를 시정하기 위해 사용될 광원의 특성과 유사한 광원(152)이 바람직할 것이다. 일실시예에서는 표준 D65 광원이 사용된다. 일부 실시예에서, 광원(152)은 바람직하게는 Koehler 설계를 갖는 조명 제어 기기(164)에 연결될 것이다. 조명 제어 기기(164)의 애퍼쳐는 간섭 변조기 어레이(120) 상의 대상 영역만을 조명하도록 조정될 것이다.

반사율 대 전압 특성(예컨대, 히스테리시스 곡선)을 기록하고, 간섭 변조기의 시간 응답을 포함한 파라미터를 계산하기 위해, 검출기(128)에 연결되는 컴퓨터(138)가 사용될 수 있다. 컴퓨터(138)는 구동 전압원(122)에 연결되어, 간섭 변조기 어레이(120)에 구동 전압이 인가될 때의 시간에 관련하여 간섭 변조기 응답 시간 정보를 제공할 수 있다. 일부 실시예에서, 컴퓨터(138)는 간섭 변조기의 시험 동안 구동 전압원(122)을 제어하기 위해 사용될 수도 있다.

본 시스템의 다른 실시예는 인-라인 조명 및 검출을 달성하기 위해 이용 가능하다. 예컨대, 일부 실시예에서, 일부가 입사광을 제공하고 다른 일부가 반사광을 검출하는 광섬유 번들(a bundle of fiber optics)이 간섭 변조기 어레이(120)의 요구된 영역 위에 정렬될 수도 있다. 광섬유 번들의 하나 이상의 광섬유가 광원에 연결되는 한편, 광섬유 번들의 하나 이상의 다른 광섬유가 검출기에 연결될 것이다. 일실시예에서는, 광섬유 번들의 복수의 외측 광섬유가 광원에 연결되는 한편, 광섬유 번들의 하나 이상의 내측 광섬유가 분광계 및/또는 광검출기 등의 하나 이상의 검출기에 연결된다. 일부 실시예에서, 광섬유 번들의 말단은, 도 10의 빔 스플리터(150)와 같은 빔 스플리터가 간섭 변조기 어레이(120)에 수직으로 입사광 및 반사광을 지향시키도록 위치된다. 이러한 구성은 CCD 카메라(160) 등의 검출 모듈(128)의 추가의 검출기가 동시에 사용될 수 있도록 한다. 이와 달리, 광섬유 번들은 그 말단이 이미 간섭 변조기 어레이(120)에 수직을 이루는 상태로 위치될 수도 있다.

도 11은 복수의 간섭 변조기 소자(202)를 포함하는 간섭 변조기 어레이(120)를 도시하고 있다. 전술한 바와 같이, 현미경 대물렌즈(154)는, 도 12 내지 도 18에 설명된 바와 같이 간섭 변조기 어레이가 요구된 전압 파형을 이용하여 구동되는 동안, 간섭 변조기 어레이(120)의 일부분 상의 반사율의 검출에 집중하도록 사용될 수도 있다. 예컨대, 영역 204는 시험 동안에 검출되는 영역이 될 것이다. 시험되는 영역(204)은 어떠한 적합한 크기도 가능하다. 일실시예에서는 소수의 간섭 변조기 소자만이 포함된다. 일실시예에서, 대략 1mm 직경의 스폿이 측정된다. 일부 실시예에서는 영역 204, 206, 208, 210 및 212와 같은 복수의 영역이 동일한 간섭 변조기 어레이(120) 상에서 순차적으로 측정된다. 영역의 수와 영역의 위치는 요구된 시험 표준에 기초하여 선택될 수도 있다. 예컨대, 디스플레이 시험을 위해 ANSI 또는 VESA에 의해 권장되는 스폿 측정의 수와 이들의 위치가 이용될 수도 있다. 일실시예에서는, 간섭 변조기 어레이(120)의 중앙 부근의 단일 영역(204)이 측정된다.

도 8 내지 도 11을 참조하여 전술한 바와 같은 광학 시스템은 작동 상태 및/또는 해방 상태로 구동되는 동안의 간섭 변조기 어레이의 하나 이상의 픽셀 또는 영역의 전기-광학적 특성을 나타내기 위해 사용될 수도 있다. 일실시예에서, 간섭 변조기가 메모리 파형에 의해 구동될 때의 밝은 상태와 어두운 상태의 균일성이 측정된다. 전체 어레이는 모든 간섭 변조기가 함께 구동되는(예컨대, 모든 수평열이 단락되어 접지되는 한편, 모든 수직열이 단락되어 구동됨) 집단 구동(gang drive)에 의해 구동될 수 있다. 간섭 변조기 어레이의 영역은 예컨대 검출기(128) 및 분석 컴퓨터(138)를 갖는 도 10에 도시된 시스템을 이용하여 검사될 수도 있다. 일부 실시예에서, 관찰자는 CCD 이미지를 육안으로 관찰함으로써 밝은 상태와 어두운 상태의 균일성을 산정할 수 있다. 이와 달리, CCD 이미지의 분석은 컴퓨터 알고리즘을 이용하여 자동화될 수도 있다.

일부 실시예에서, 현미경 대물렌즈(230)의 초점을 단일 픽셀 또는 픽셀 그룹에 맞추고, 그 픽셀 또는 픽셀 그룹을 조명하기 위해 인-라인 조명을 조정함으로써, 픽셀 또는 영역의 하나 이상의 메모리 특성이 시험 및/또는 측정된다. 다른 실시예에서, 전체 간섭 변조기 어레이 또는 간섭 변조기 어레이의 커다란 영역에 대한 하나 이상의 메모리 특성이 시험된다. 일부 시험에서는, 픽셀 그룹 전체 또는 간섭 변조기 어레이가 균일한 반사 특성을 나타낼 수 있도록, 예컨대 모든 수평열 리드를 그라운드에 접속시키고 모든 수직열 리드를 동일한 전압 파형이 인가되도록 함으로써, 간섭 변조기 어레이를 "집단(gang)" 구동하는 것이 바람직할 것이다. 도 12는 집단 구동된 간섭 변조기 어레이의 일실시예의 작동 및 해방 특성을 예시하고 있다. 여기서, 메모리 특성은 간섭 변조기 어레이를 전압 파형(228)으로 구동함으로써 예시된다. 간섭 변조기 어레이를 작동하기 위해 요구되는 전압이 간섭 변조기를 그들의 현재 상태로 유지하기 위해 요구되는 전압보다 더 높고, 또한 간섭 변조기 어레이의 간섭 변조기를 해방시키기 위해 요구되는 전압보다 높기 때문에, 히스테리시스가 발생한다. 그러므로, 전압이 변경될 때에도 간섭 변조기 어레이가 상태를 변경하지 않을 전압의 영역이 존재한다. 도 12는 구동 전압(228)과 간섭 변조기 어레이로부터의 반사율(230)(예컨대, 광검출기에 의해 측정된 바와 같은)을 시간을 함수로 하여 나타내는 도면이다. 이와 달리, 그 응답은 반사율을 구동 전압을 함수로 하여 나타내고 있는 도 13에서와 같이 히스테리시스 플롯로서 나타낼 수도 있다. 도 13의 예상 히스테리시스 형태를 보이지 못하는 응답은 간섭 변조기 어레이의 픽셀 또는 영역의 예외(anomaly)를 나타낼 것이다.

일부 실시예에서, 간섭 변조기의 응답은 4가지의 전압 레벨, 즉 포지티브 작동(+ Vact), 포지티브 해방(+ Vrel), 네거티브 작동(-Vact), 및 네거티브 해방(-Vrel)을 특징으로 한다. 실제의 포지티브 작동 전압, 포지티브 해방 전압, 네거티브 작동

전압, 및 네거티브 해방 전압이 특정 간섭 변조기의 구조에 따라 변화할 때에는, 이들 전압 레벨 자체는 각각 상이하다. 이들 전압 레벨은 도 12 또는 도 13의 플로트로부터 결정될 수도 있다. +Vact(220)는 MEMS 간섭 변조기가 전압의 증가 시에 해방 상태에서 작동 상태로 구동하게 될 전압에 해당한다. +Vrel(222)은 MEMS 간섭 변조기가 전압의 감소 시에 작동 상태에서 해방될 전압에 해당한다. -Vact(224)는 MEMS 간섭 변조기가 전압의 감소 시에 해방 상태에서 작동 상태로 구동될 전압에 해당한다. -Vrel(226)은 MEMS 간섭 변조기가 전압의 증가 시에 작동 상태에서 해방될 전압에 해당한다.

일부 시험 공정을 위해 메모리 파형을 구축하기 위한 적합한 파라미터는 이들 4가지의 전압 레벨을 이용하여 결정될 것이다. 이들 파라미터는 바이어스(Vbias)의 진폭, DC 오프셋 전압(Voffset), 메모리 영역(ΔVmem), 및 픽셀을 작동시키기 위해 요구되는 펄스(Vact)를 포함한다. 일부 실시예에서, 이들 파라미터는 다음과 같이 결정될 수 있다:

$$V_{bias} = [((+Vact + +Vrel)/2) - ((-Vact + -Vrel)/2)]/2$$

$$V_{offset} = [((+Vact + +Vrel)/2) + ((-Vact + -Vrel)/2)]/2$$

$$\Delta V_{mem} = \text{Min}[(+Vact - +Vrel), (-Vact - -Vrel)]$$

$$Vact = 2 \times +V_{bias}$$

도 13을 참조하면, Vbias는 일반적으로 메모리 영역의 중앙이 히스테리시스 플로트의 대칭 중앙으로부터 오프셋되는 전압에 해당한다. Voffset은 대칭 중앙이 0볼트로부터 오프셋되는 전압, 예컨대 포지티브 작동 전압(+Vact)과 네거티브 작동 전압(-Vact)의 평균으로서 계산되는 전압에 해당한다. ΔVmem은 간섭 변조기의 상태가 변하지 않을 전압 영역에 해당한다. 작동 전압은 간섭 변조기의 작동을 발생시킬 전위에 해당한다. 이들 파라미터는, 검사되고 있는 간섭 변조기 어레이에 대한 적합한 제어 전압을 결정하거나 또는 간섭 변조기 어레이가 요구된 기기에 적합할지를 판정하기 위해 이용될 것이다. 예컨대, 디스플레이 기기에서, 0.5 볼트 미만의 메모리 영역(ΔVmem)은 간섭 변조기 어레이가 시험에 실패하여 사용될 수 없다는 것을 나타낸다.

일 실시예에서, 미소 기전 시스템(MEMS) 간섭 변조기 어레이(본 명세서에서는, 간섭 변조기와 간섭 변조기 어레이를 모두 "간섭 변조기"라고 한다)의 픽셀 또는 영역(예컨대, 일부 영역)의 응답 시간의 측정, 간섭 변조기에 구동 전압 스텝을 어서팅하고, 광검출기를 사용하여 반사율 응답을 측정함으로써 가능하다. 도 14는 이러한 전압 스텝을 포함하는 전압 파형의 일례를 나타낸다. 도 14에서, 도표(300)는, 구동 전압 파형을 시간의 함수로 하여 나타낸 것이다. 여기서, 어서트된 전압 파형은, 간섭 변조기가 해방 상태가 되는 오프셋 전압(Voff)을 갖는 제1 전압 레벨(301)부터 포지티브 작동 전압(Vact)을 갖는 제2 전압 레벨(302)까지의 전압 스텝(304)을 포함한다. 이러한 전압 스텝을 어서팅하면, 간섭 변조기는, 자신의 반사율 특성을 밝은 상태(해방 상태)에서 어두운 상태(작동 상태)로 변화시키기 시작한다. 이러한 전압 스텝을 인가하는 동안에, 간섭 변조기로부터 반사되는 광이 검출되면, 간섭 변조기에서 소요되는 시간을 측정함으로써, 포지티브 작동 전압에 대한 응답 시간(Tpa)이 판정될 수 있으며, 이에 의하여 반사율이 확실하게 변경된다. 포지티브 작동 전압 레벨(302)부터 해방 전압 레벨(306)까지의 전압 스텝(308)에 의해, 포지티브 해방 전압에 대한 응답 시간(Tpr)을 검출할 수 있다. 마찬가지로, 간섭 변조기를 네거티브 작동 전압(-Vact)을 가진 전압 스텝으로 작동시키고, 간섭 변조기를 해방시키는 전압 레벨(316)을 어서팅하는 동안 반사된 광을 검출함으로써, 네거티브 작동 전압에 대한 응답 시간(Tna)(314)과 네거티브 해방 전압에 대한 응답 시간(Tnr)(316)이 결정될 수 있다. "오프셋 전압"은, 도 12에 도시된 네거티브 작동 전압(+Vact) 및 네거티브 작동 전압(-Vact)의 평균을 나타내는데 사용될 수 있다. 응답 시간을 검사하기 위한 통상적인 용도에서, 측정된 응답 시간은, 시험된 간섭 변조기의 가장 느린 응답을 나타낸다.

간섭 변조기가 동작 상태 또는 해방 상태일 때에 발생하는 반사율의 예를, 도 14의 도표(310)에 나타낸다. 여기서, 간섭 변조기의 반사율의 변화는 시간을 함수로 하여 나타내고 있다. 반사율의 상대적인 변화의 측정은, 밝은(해방) 상태에서 어두운(작동) 상태로의 반사율의 변화와 어두운 상태에서 밝은 상태로의 반사율의 변화를 나타내는데 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 응답 시간은, 간섭 변조기의 반사율 응답(312)이, 간섭 변조기를 작동 또는 해방시키기 위해 전압 레벨 변화에 의한 트리거에 따른 총 반사율 응답의 소정 레벨에 도달하는데 걸리는 시간으로 정의한다. 일 실시예에서, 응답 시간은, 간섭 변조기의 반사율 응답(312)이 총 반사율 응답의 90%에 도달하는데 걸리는 시간으로 정의한다. 다른 실시예에서는, 90% 미만 또는 90%를 초과하는 반사율 응답 비율(레벨)을 사용할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 응답 시간은 일관된 값을 구하기 위해 반복해서 측정할 수 있다. 허용가능한 응답 시간의 기준은 용도에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 표시 화면에서 신속한 변화를 필요로 하지 않는 디스플레이 장치의 경우에는, 더 긴 응답 시간이 허용될 수 있다.

당업자라면, 도 14에 도시된 전압 파형의 다른 많은 변형이 가능하다는 것을 알 수 있을 것이다. 최종적인 디스플레이의 예상되는 구동 신호를 따르기 위해, 디스플레이 장치에 따라, 응답 시간 파형에 대한 바람직한 실시예가 변경될 수 있다. 도

14에 도시된 파형은, 응답 시간을 결정하기 위해 사용될 수 있는 파형의 일례에 불과하다. 몇몇 실시예에서는, 포지티브(오프셋 전압에 대해 양의 값) 작동 레벨에 대한 응답 시간 및 포지티브 해방 레벨에 대한 응답 시간을 검사하기 위해, 파형의 일부, 예컨대 도면의 도면부호 301과 306 사이에 표시된 것과 같은, 제1 부분만이 사용될 수 있다. 몇몇 검사에서, 이러한 파형의 부분은, 간섭 변조기에 여러 번 인가될 수 있다. 이러한 경우, 파형의 이러한 부분에 대한 간격이 정의될 수 있으며(예컨대, 도면부호 303과 306의 사이), 이러한 파형 부분을 인가하는 주파수가 정의될 수 있다. 마찬가지로, 본 명세서에서 개시하고 있는 파형의 일부 및/또는 모든 파형에 대해, 간격과 주파수가 정의될 수 있다. 예를 들어, 도면부호 303과 316의 사이에, 다른 주기를 갖는 파형이 정의될 수 있다. 몇몇 장치에서는, 파형 또는 파형의 일부가, 측정되는 응답 시간에 따라, 대략 10Hz~5000Hz의 주파수로 간섭 변조기에 적용된다.

도 15는 간섭 변조기의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 정하기 위한 공정(330)을 나타내는 흐름도이다. 단계 332에서, 픽셀의 상태를 작동 상태에서 해방 상태로, 또는 해방 상태에서 작동 상태로 변경시키기 위해, 간섭 변조기 어레이에 전압 파형이 인가된다. 응답 시간을 측정하기 위하여, 전압 파형은, 모든 간섭 변조기를 작동 또는 해방을 허용할 정도로 길게 어서팅하여야 한다. 즉, 전압을 어서팅하는 기간은, 이 기간이 응답 시간 측정에 대해 제한적인 요소가 되지 않도록, 응답 시간보다 길어야 한다. 단계 334에서, 간섭 변조기 어레이의 반사율은 검출기를 이용하여 전압 파형을 인가하는 시간에 대해 측정된다. 다음으로, 단계 336에서, 프로세스(330)는, 예컨대, 도 14, 도 16의 (A) 및 (B)에 도시된 바와 같이, 검출된 반사율에 기초하여 픽셀의 하나 이상의 응답 시간 파라미터를 결정한다. 몇몇 응답 시간의 측정에 대해, 간섭 변조기에 바이어스 전압이 인가되고 있지 않은 경우를 제외하고는, 간섭 변조기에 작동 전압이 인가된다(도 14 참조). 간섭 변조기에 바이어스 전압이 먼저 인가되는 간섭 변조기에 작동 전압을 인가함으로써, 다른 응답 시간의 측정이 이루어진다(도 16의 (A) 및 (B) 참조).

도 16의 (A)는, 응답 시간을 결정하기 위해, 하나 이상의 MEMS 간섭 변조기를 구동시키는데 사용될 수 있는 전압 파형(380)을, 시간을 함수로 하여 나타낸 도면이다. 도 16의 (B)는, (A)에 나타낸 전압 파형(380)에 의해 구동되는 간섭 변조기로부터, 측정된 반사율(382)을, 시간을 함수로 하여 나타낸 도면이다. 전압 파형(380)은, MEMS 간섭 변조기 및/또는 드라이브 구성의 다양한 실시예에서의 상이한 전압 레벨로 설정될 수 있는 오프셋 전압이 중심에 있는 것으로 도시되어 있다. 따라서, 포지티브 바이어스 전압 및 네거티브 바이어스 전압과, 포지티브 작동 전압 및 네거티브 작동 전압에 대해서, 오프셋 전압과 비교하여 설명하고, 이들 전압이, 반드시 0볼트의 접지 전압을 기준으로 하는 포지티브 전압 또는 네거티브 전압을 의미하는 것은 아니다.

본 실시예에서, 포지티브 작동 응답 시간 및 해방 응답 시간과 네거티브 작동 응답 시간 및 해방 응답 시간은, 히스테리시스 영역 내의 전압 레벨에 속하는 간섭 변조기에 대해 정해진다. 시간 350에서, 전압 파형은 간섭 변조기의 히스테리시스 영역 내에 있는 포지티브 바이어스 전압(+Vbias)이다. 여기서의 숫자는 x축(시간)을 따라 표시된 시각을 나타내는 시간과 관련되어 있다. 시간 352에서, 전압 파형(380)은, 전압 오프셋으로 설정되며, 포지티브 바이어스 전압(+Vbias)으로 증가한다. 전압을 오프셋 전압으로 설정함으로써, 시간 354에서 픽셀이 해방 상태로 되는 것을 보장한다. 시간 356에서, 전압은 포지티브 바이어스 전압(+Vbias)에서 포지티브 작동 전압(+Vact)까지 증가하고, 이 상태가 시간 358까지 연장되는 시간 변화량 $t(\Delta t)$ 의 기간 동안 유지된다. 작동 전압이 인가되면, 이에 따라, 픽셀은, 반사율이 밝은 상태에서 어두운 상태로 변화하도록 하는 이산적인 기간 동안 작동한다. 작동 전압과 바이어스 전압은, 간섭 변조기의 구성에 따라 달라질 수 있다. 일실시예에서, 포지티브 작동 전압은 포지티브 바이어스 전압 레벨의 대략 2배이며, 네거티브 작동 전압은 네거티브 바이어스 전압 레벨의 대략 2배가 된다.

도 16의 (B)는, 간섭 변조기의 반사율(382)의 변화를 시간 함수로 하여 나타낸 것으로서, 시간축은 도 16의 (A)의 시간축에 대응한다. 도 16의 (B)에 도시된 바와 같이, 간섭 변조기가 시간 356에서 작동될 때, 반사율이 변화하고, 반사율이 변화하는 동안의 시간은 포지티브 작동 응답 시간(T_{pa})이 된다. 픽셀의 반사율은, 본 명세서에서 앞서 설명한 시스템들 중 하나를 포함하는 많은 다양한 시스템을 이용하여 측정될 수 있다.

여러 실시예에서, 반사율이 총 반사율 응답의 90%, 95% 또는 99% 등과 같은 소정의 임계값까지 감소할 때, 응답은 완료된 것으로 간주될 수 있다. 픽셀이 사용되고 있는 많은 디스플레이에 대해 여러 가지 임계값이 사용될 수 있다. 임계값은, 하나 이상의 동작 조건이나 응용 장치에 따라 미리 정해질 수도 있고 변동가능하게 정해질 수도 있다. 작동 전압이 어서팅되는 기간 Δt 는, 작동가능한 모든 픽셀이 작동하는 것을 보장하도록, 측정되는 응답 시간에 비해 긴 기간이다.

시간 360에서, 전압은 오프셋 전압까지 감소하고, 이 오프셋 전압은 픽셀에 대한 해방 전압이다. 이 경우, 픽셀은 해방되고, 픽셀의 반사율은 증가한다. 도 16B에 도시된 바와 같이, 간섭 변조기가 해방되는 기간은 포지티브 해방 응답 시간(T_{pr})이다. 포지티브 작동 응답 시간과 마찬가지로, 포지티브 해방 응답 시간은, 전압이 시간 360에서 오프셋 전압으로 설정된 경우에, 픽셀의 반사율이 소정의 임계값에 도달할 때까지 걸리는 시간을 측정함으로써 정해질 수 있다.

시간 364에서, 전압 파형(380)은 네거티브 바이어스 전압(-Vbias)으로 설정된다. 다음으로, 시간 366에서, 전압 파형(380)은, 네거티브 작동 전압(-Vact)으로 설정되어, 간섭 변조기를 작동시킨다. 시간 366에서 전압이 -Vbias에서 -Vact로 변화하면, 픽셀은, 더 어두워지도록 작동되고, 네거티브 작동 응답 시간(Tna)은 픽셀의 반사율을 측정하는 것에 기초하여 정해질 수 있다. 시간 370에서 전압이 -Vbias에서 오프셋 전압으로 변화하면, 픽셀이 해방되고, 픽셀의 반사율은 밝은 상태로 변화함에 따라 증가한다. 본 명세서에서 개시된 다른 응답 시간 측정과 마찬가지로, 네거티브 해방 응답 시간(Tnr)은, 간섭 변조기의 반사율의 변화가 소정 임계값에 도달할 때까지의 시간 측정에 기초하여 정해질 수 있다. 도 16B는, 시간 366에서의 네거티브 작동 레벨과 시간 370에서의 네거티브 해방 레벨에 각각 대응하는 네거티브 작동 시간(Tna)과 네거티브 해방 시간(Tna)을 나타낸다.

여기서 결정되는 응답 시간은 히스테리시스 영역에서 동작하는 간섭 변조기에 기초한다. 예컨대, 응답 시간은 히스테리시스 영역 내의 전압, 예컨대 +Vbias에서 히스테리시스 영역 밖의 전압, 예컨대 +Vact로 전압이 변화하는 것에 기초한다. 간섭 변조기에 히스테리시스 영역 내의 전압 레벨이 인가되고 있을 때 간섭 변조기를 작동 및 해방시킴으로써, 픽셀에 대해, 이들의 실제의 동작 상태에 매우 유사한 동작 상태하에서 검사가 이루어진다.

도 17의 (A)와 (B)는, 다른 실시예에서, 픽셀이 작동 또는 해방될 때를 결정하기 위해 픽셀을 모니터링하는 동안, 작동 전압(양의 전압 또는 네거티브 전압)을 인가하는 시간의 길이 Δt 를 변경시킴으로써 MEMS 간섭 변조기에 대해, 작동 및 해방 응답 시간을 산출한다. 시간 길이 Δt 는, 픽셀의 허용가능한 수(또는 비율)가 그 최소의 기간 내에서 작동(또는 해방)될 수 있는 동안 최소의 시간 값이 결정될 때까지 변경된다. 이러한 처리 과정을 본 명세서에서는 "최소의 타임 라인 프로세스"라고 한다.

도 17의 (A)는 도 16의 (A)에 도시된 전압 파형(380)과 전체적으로 유사한 전압 파형(480)을 나타낸다. 그러나, 전압 파형(480) 또는 그 일부(예컨대, 포지티브 또는 네거티브 작동 전압 부분)는, 간섭 변조기에 여러 번, 그리고 앞서 설명한 바와 같이, 간섭 변조기로부터 반사되는 광을 검출함으로써 응답 시간이 결정될 때마다, 인가된다. 작동 전압이 인가되는 동안의 시간 길이는, 도 17의 (B)에 도시된, 간섭 변조기가 계속해서 작동하도록 하는 작동 전압을 Δt_1 및 Δt_3 만큼 인가하도록 하는 최소 시간을 정하도록 변경된다.

마찬가지로, 해방 전압이 인가되는 동안의 시간 길이는, 도 17의 (B)에 도시된, 간섭 변조기가 계속해서 해방되도록 하는 해방 전압을 Δt_2 및 Δt_4 만큼 인가하도록 하는 최소 시간을 정하도록 변경된다. 이들 최소 시간($\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3$ 및 Δt_4)은, 간섭 변조기가 인가된 전압에 적절하게 반응하기에 충분한 시간이다. 시간 Δt_1 이 너무 짧으면, 반사율 곡선(482)은 제1 점선(483)처럼 보이게 되는데, 이는 간섭 변조기가 포지티브 작동 전압에 대해 응답할 수 없기 때문이다. 과정 중 하나는, 작동이 예컨대 관찰자가 작동을 보거나 측정 시스템에 의해 검출되는 것으로 관찰될 때까지, 작동 전압이 인가되는 동안의 시간 Δt_1 을 증가시키는 것이다. 마찬가지로, 시간 Δt_3 이 너무 짧으면, 반사율 곡선(482)은 제3 점선(485)처럼 보이게 되는데, 이는 간섭 변조기가 네거티브 작동 전압에 응답하지 않기 때문이다. 시간 Δt_2 또는 Δt_4 가 너무 짧으면, 반사율 곡선(482)은 제2 점선(484) 및 제4 점선(485)처럼 보이게 되는데, 이는 간섭 변조기가 인가된 각각의 포지티브 해방 전압 또는 네거티브 해방 전압에 대해 응답하지 않기 때문이다. 이들 시간($\Delta t_2, \Delta t_3$ 및 Δt_4)은, 원하는 응답을 얻을 때까지 증가시키는 것도 가능하다.

도 17의 (B)는, 반사율 대 시간의 도표를 해석함으로써 모든 응답 시간을 정하도록 최소 시간 라인 프로세스를 이용하는 방법의 일례를 나타낸다. 픽셀의 작동 및/또는 해방은, 본 명세서에서 개시한 시스템들 또는 다른 적절한 시스템들 중 하나를 이용하여 픽셀의 반사율을 검출하는 수단 등의 다양한 수단에 의해 검출될 수 있다. 인지되거나 측정된 작동 또는 해방은, 가장 늦게 응답하는 간섭 변조기의 작동 또는 해방을 나타낸다. 이 반사율은, 소정의 반사율 임계값이 픽셀의 허용가능한 소정의 비율이 작동 또는 해방되는 것을 나타내는 값에 부합하는지 여부를 판정하기 위해 측정된다. 몇몇 실시예에서, 작동 및/또는 해방되는 픽셀의 비율의 판정된 허용가능한 임계값은 90% 이상이고, 다른 실시예에서, 이 비율은 90% 이하, 예컨대 80%가 될 수 있다.

최소 시간 라인 프로세서는, 픽셀이 신속한 리프레시 속도, 예컨대 비디오 데이터 레이트에서 이미지 데이터를 디스플레이 하는 기기 내에서 사용될 경우의 픽셀 응답 시간을 결정하는데에 효과적이다. 왜냐하면, 이 최소 시간 라인 프로세스는 표준화될 수 있는 정성적 측정(qualitative measurement)이 허용되기 때문이다. 표준화된 값을 사용하면, 그 구현이 용이하게 되고 다양한 제조가 가능하게 된다.

도 18은 다수의 간섭 변조기 픽셀을 검사하는 공정(400)을 나타내는 흐름도이다. 단계 402에서, 공정(400)은, 비작동 상태와 작동 상태 또는 작동 상태와 비작동 상태 사이에서의 간섭 변조기를 변화시키기에 충분한 작동 전압 레벨을 인가하기 위한 동안의 기간을 설정한다. 단계 404에서, 그 기간 동안의 작동 전압을 포함하는 전압 파형이 픽셀에 인가된다. 단계 406에서, 픽셀의 반사율을 검출해서, 충분한 수의 픽셀의 작동 또는 해방을 판정하는데 이용한다. 단계 408에서, 픽셀의 응답 시간 파라미터는 검출된 반사 광에 기초하여 정해진다. 다음에, 단계 410에서의 프로세스는, 설정 단계, 인가 단계, 검출 단계 및 판정 단계를 반복하여, 충분한 수의 픽셀이 작동 또는 해방된 최소 기간을 식별한다. 여기서, 기간을 설정하는 단계는, 하나 이상의 결정된 응답 시간 파라미터에 기초하여 행해진다.

앞서 설명한 바와 같이, 간섭 변조기의 반사율을 눈으로 확인하거나 측정함으로써, 정성적 파라미터를 판정할 수 있다. 예를 들어, 몇몇 검사 과정에서는, 간섭 변조기가 모두 작동 또는 해방 상태로 구동될 때 간섭 변조기의 균일성이 평가되며, 또는 다른 검사 과정에서는, 간섭 변조기의 작동 또는 해방 응답 시간이 판정된다. 다른 실시예에서, 정성적 파라미터는, 간섭 변조기의 컬러 응답을 이용하여, 예컨대 간섭 변조기가 작동 또는 해방될 때, 시간에 대한 작동 또는 해방의 균일성이거나, 작동 또는 해방 응답 시간을 판정하는 것과 현저히 다른 변화를 이용함으로써, 정해질 수 있다. 간섭 변조기 어레이(120)의 컬러 응답은 반사된 광(130)으로부터 검출될 수 있으며, 도 10의 것과 유사한 시스템을 이용하여 측정된다. 여기서, 검출기(128)는 분광계로 이루어져 있다. 상기 설명한 것과 같은 시스템은, 어레이(120)의 단일의 픽셀 또는 영역에 집중되도록 조정이 가능하다. 홀, 포스트 및 간섭 변조기 어레이 내의 임의의 마스킹이 검사 영역에 포함되지 않는 단일의 픽셀을 검사하는 것이 효과적일 수 있다. 일 실시예에서, 간섭 변조기의 어레이는, 상기 설명한 것과 같이, 집단 구동(gang drive)에 연결된다.

많은 자극 파형 하에서 컬러 측정이 이루어질 수 있다. 일 실시예에서, 간섭 변조기는, 상기 설명한 바와 같이, 비구동 상태 및 구동 상태의 메모리 파형하에서 측정된다. 구동 상태의 메모리 파형하에서의 밝은 상태 및 어두운 상태는 스펙트럼 형태로 측정될 수 있다. 반사된 광(130)으로부터 수집된 컬러 정보는, X, Y, Z CIE 컬러 삼자극 값 등의 컬러 파라미터로 변환될 수 있다. X, Y, Z CIE 컬러 삼자극 값 내의 Y는 모든 휘도 정보를 포함하고 있기 때문에, Ydark(어두운 Y)(예컨대, 작동)에 대한 Ybright(밝은 Y)(예컨대, 비작동)의 비율은, 콘트라스트 특성에 대한 콘트라스트 비를 제공한다. 이 값은, 반사율에 대한 균일성의 측정을 판정하는데에 이용될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 하나 이상의 컬러 측정이 개별적으로 이루어질 수 있다. 몇몇 실시예에서, 이러한 측정은, 여러 가지 컬러의 조명원으로 간섭 변조기를 조명하고, 각각의 조명원에 의해 반사되는 광을 측정함으로써, 수행될 수 있다. 다른 실시예에서, 반사된 광은 측정할 파장을 선택하기 위해 미리 정해진 필터를 통과시킨다.

본 발명의 정신을 벗어남이 없이 많은 다양한 변형이 이루어질 수 있다는 것을 당업자는 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 본 발명의 형성은 단지 예시일 뿐이며 본 발명의 범주를 제한하려는 것이 아님을 분명하게 이해해야 한다.

도면의 간단한 설명

도 1은 제1 간섭 변조기의 이동 가능한 반사층이 해방 위치에 있고, 제2 간섭 변조기의 이동 가능한 반사층은 작동 위치에 있는, 간섭 변조기 디스플레이의 일 실시예의 일부를 개략적으로 도시한 등각 투영도이다.

도 2는 3×3 간섭 변조기 디스플레이를 포함하는 전자 기기의 일 실시예를 개략적으로 나타낸 시스템 블록도이다.

도 3은 도 1의 간섭 변조기의 일례의 실시예에서, 인가된 전압에 대한 이동 가능한 미러의 위치를 나타낸 개략도이다.

도 4는 간섭 변조기 디스플레이를 구동하기 위해 사용될 수 있는 한 세트의 수평열 전압 및 수직열 전압을 나타낸 개략도이다.

도 5a 및 도 5b는 도 2의 3×3 간섭 변조기 디스플레이의 디스플레이 데이터 프레임에 기록하는데 사용될 수 있는 수직열 신호 및 수평열 신호에 대한 하나의 예시적인 타이밍도를 개략적으로 예시하는 도면이다.

도 6a 및 도 6b는 복수의 간섭 변조기를 포함하는 비주얼 디스플레이 기기의 실시예를 개략적으로 나타내는 시스템 블록도이다.

도 7a는 도 1의 기기의 단면도이다.

도 7b는 간섭 변조기의 다른 실시예에 대한 개략 단면도이다.

도 7c는 간섭 변조기의 또 다른 실시예에 대한 개략 단면도이다.

도 7d는 간섭 변조기의 또 다른 실시예에 대한 개략 단면도이다.

도 7e는 간섭 변조기의 또 다른 실시예에 대한 개략 단면도이다.

도 8은 MEMS 간섭 변조기의 반사율을 시각적으로 관찰하기 위한 시스템을 예시하는 개략도이다.

도 9는 MEMS 간섭 변조기의 반사율을 자동으로 결정하기 위한 시스템을 예시하는 개략도이다.

도 10은 MEMS 간섭 변조기의 반사율을 자동으로 결정하기 위한 시스템의 또 다른 실시예를 예시하는 개략도이다.

도 11은 MEMS 간섭 변조기 어레이의 관찰 부분을 예시하는 개략도이다.

도 12는 MEMS 간섭 변조기의 구동 전압과 그 결과의 MEMS 간섭 변조기의 반사율을 예시하는 그래프이다.

도 13은 MEMS 간섭 변조기의 광학 응답을 예시하는 그래프이다.

도 14는 MEMS 간섭 변조기 픽셀을 구동하여 품질 특징 및 그 결과의 광학 응답을 결정하기 위해 사용된 또 다른 그래프 파형을 예시하는 개략도이다.

도 15는 MEMS 간섭 변조기의 응답 시간을 결정하기 위한 공정을 예시하는 흐름도이다.

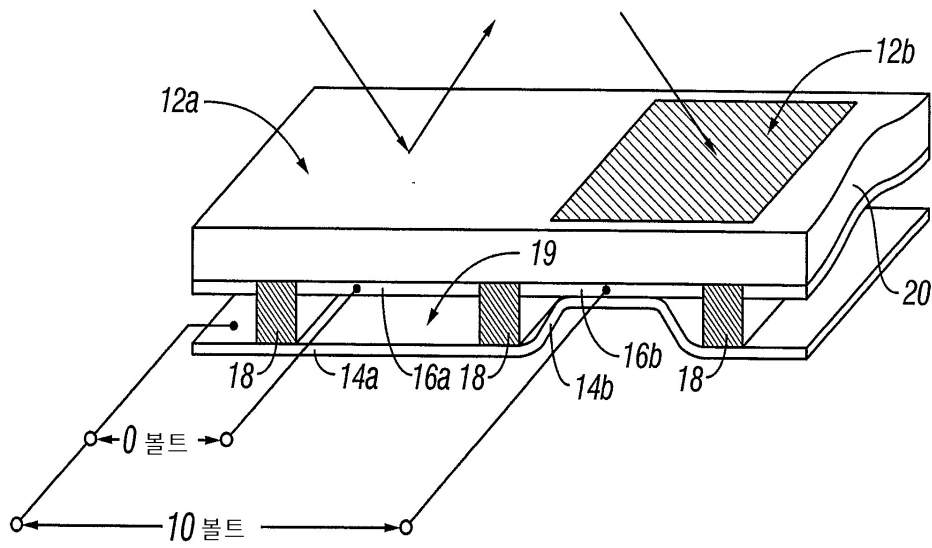
도 16의 (A)는 간섭 변조기를 구동하여 응답 시간을 결정하기 위해 사용된 파형을 그래프로 예시하는 개략도이고, (B)는 간섭 변조기의 광학 응답을 그래프로 예시하는 개략도이다.

도 17의 (A)는 간섭 변조기를 구동하여 응답 시간을 결정하기 위해 사용된 파형을 그래프로 예시하는 개략도이고, (B)는 간섭 변조기의 광학 응답을 그래프로 예시하는 개략도이다.

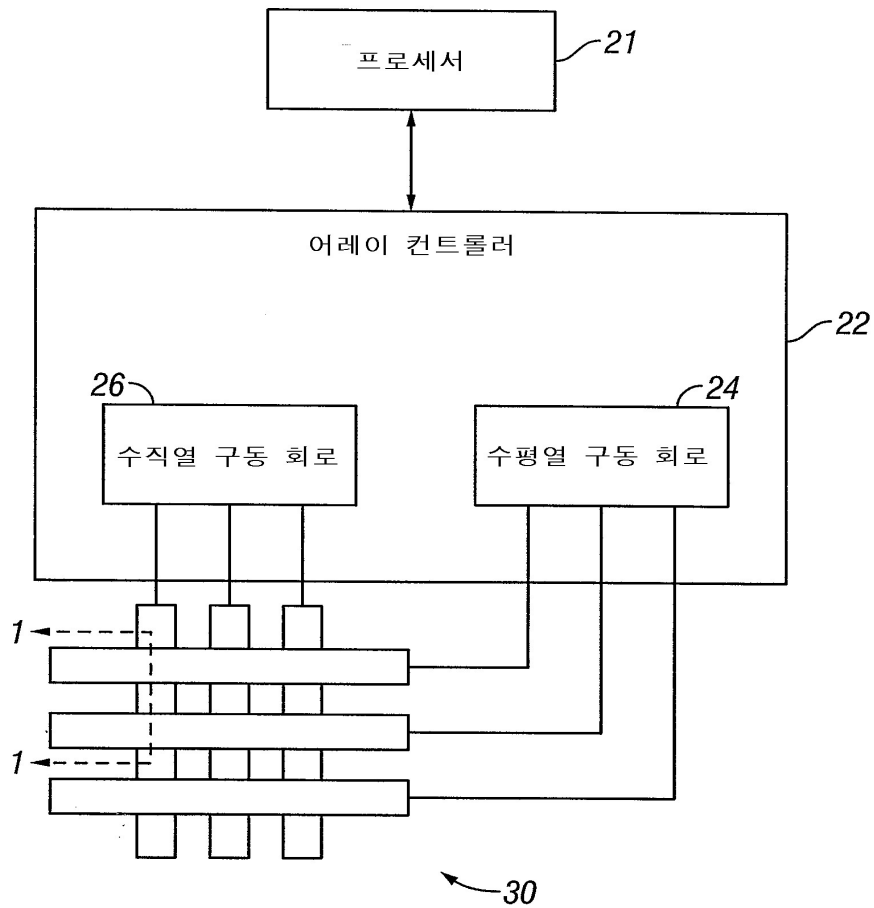
도 18은 MEMS 간섭 변조기의 최소 응답 시간을 결정하기 위한 공정을 예시하는 흐름도이다.

도면

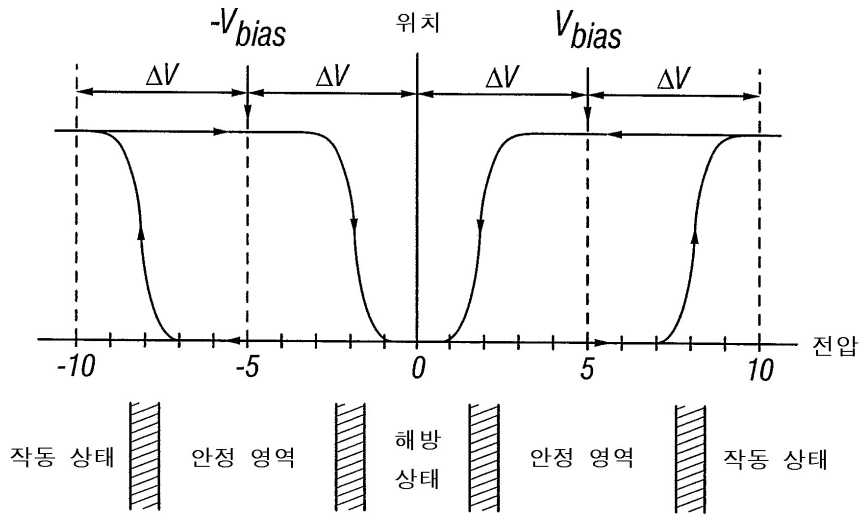
도면1



도면2



도면3

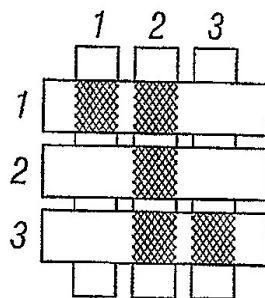


도면4

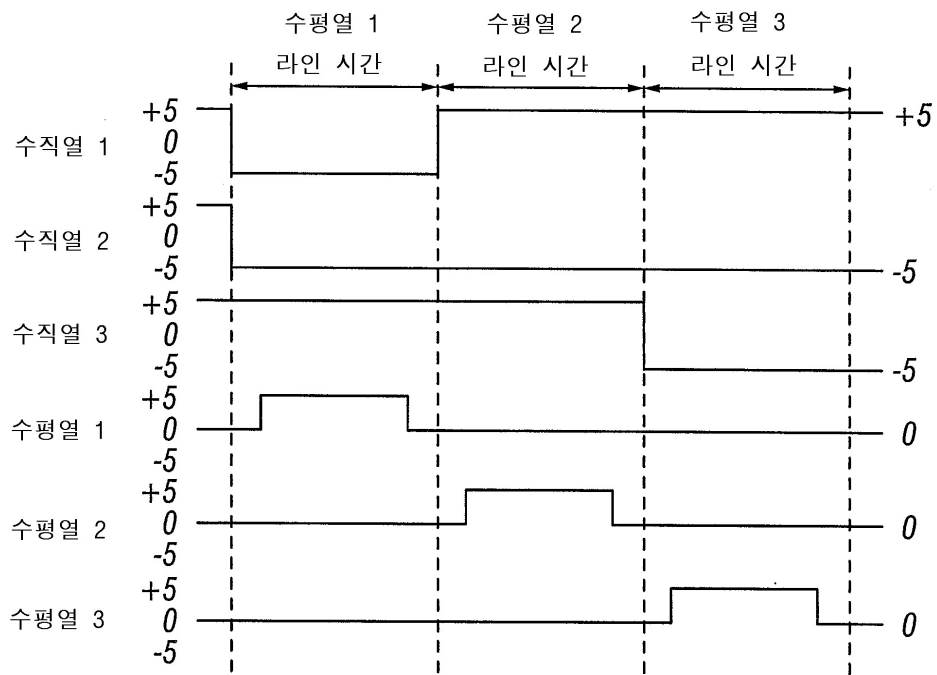
수직열
출력 신호

		$+V_{bias}$	$-V_{bias}$
수평열 출력 신호	0	안정	안정
	$+\Delta V$	해방	작동
	$-\Delta V$	작동	해방

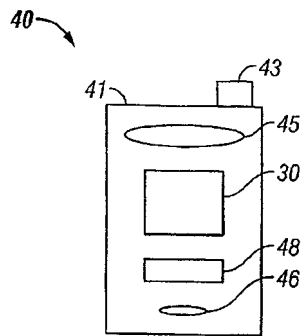
도면5a



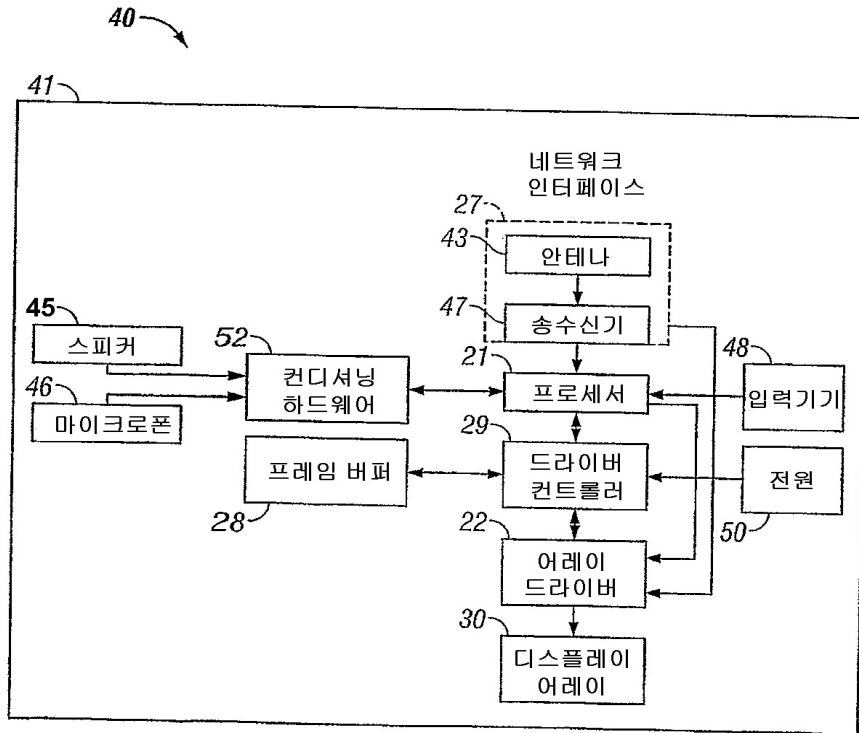
도면5b



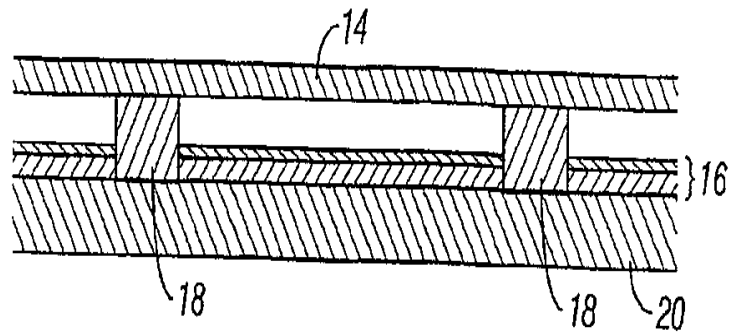
도면6a



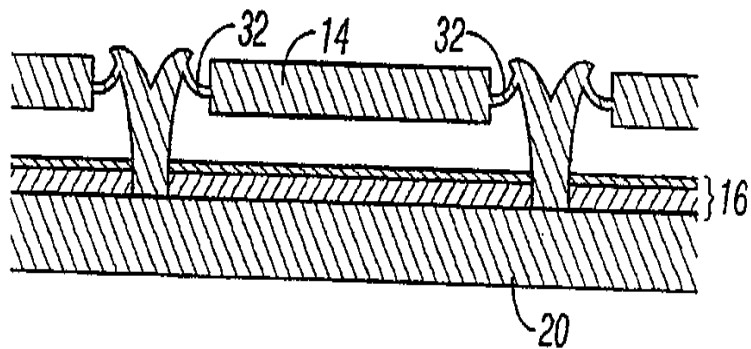
도면6b



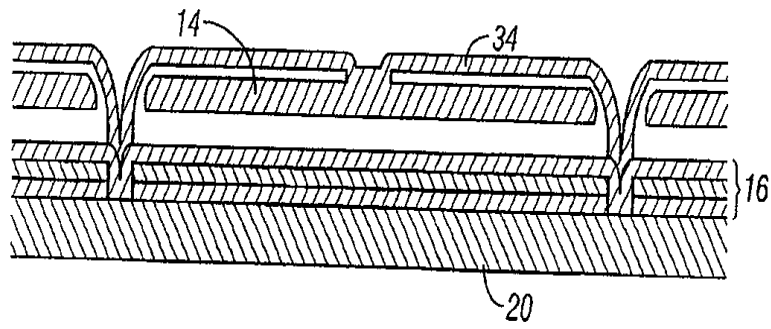
도면7a



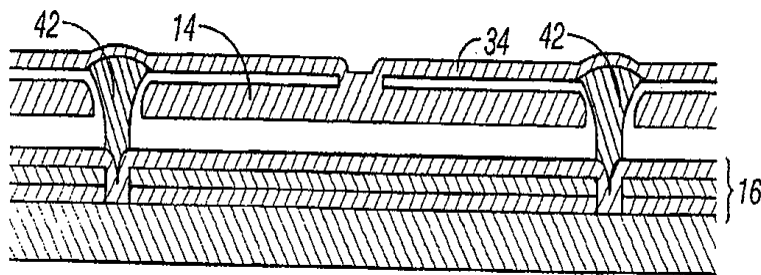
도면7b



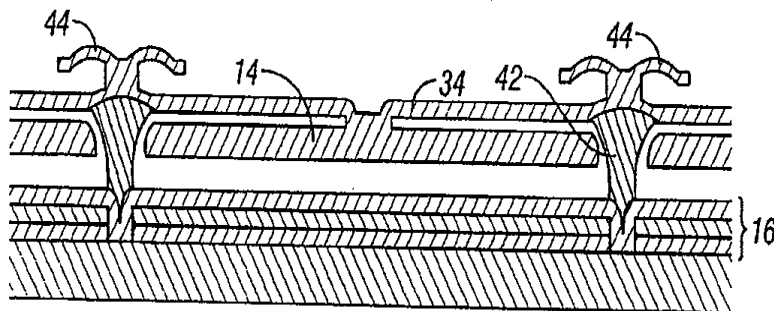
도면7c



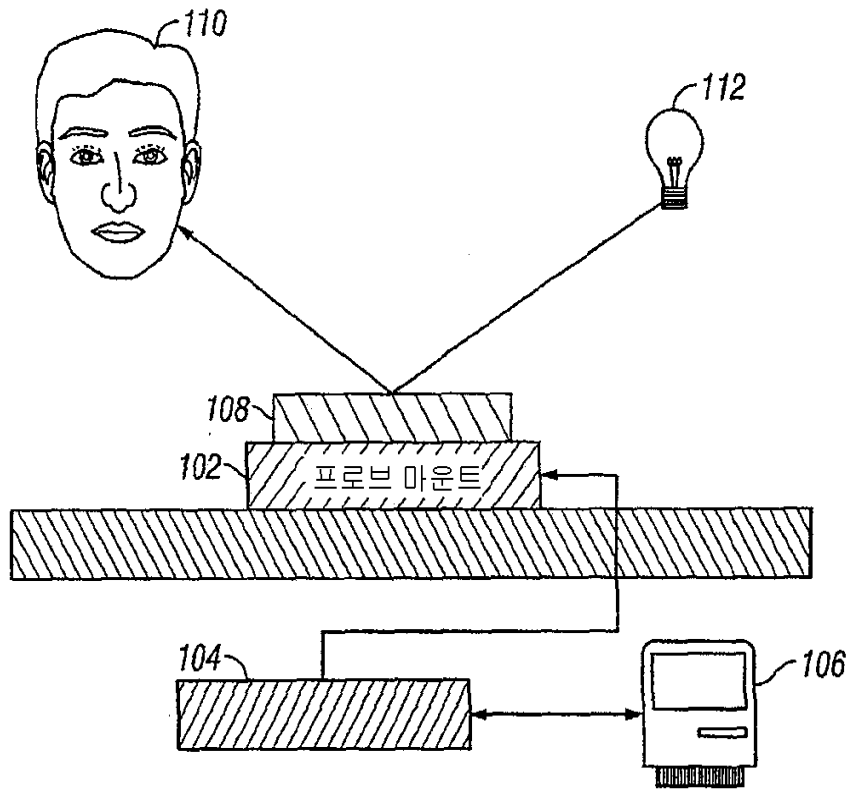
도면7d



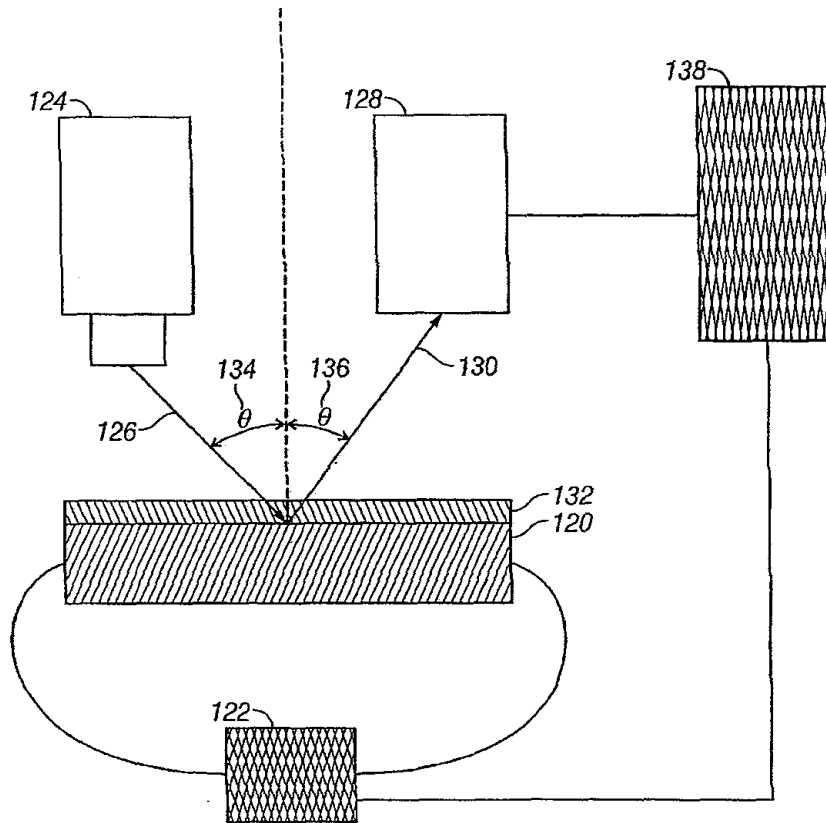
도면7e



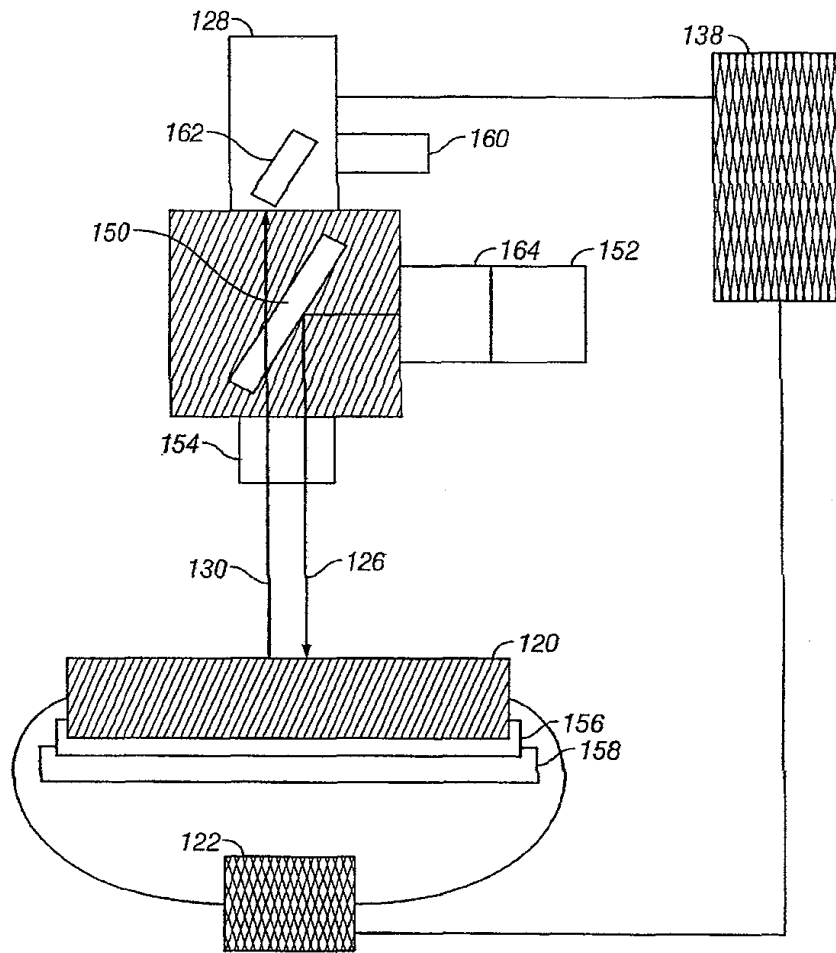
도면8



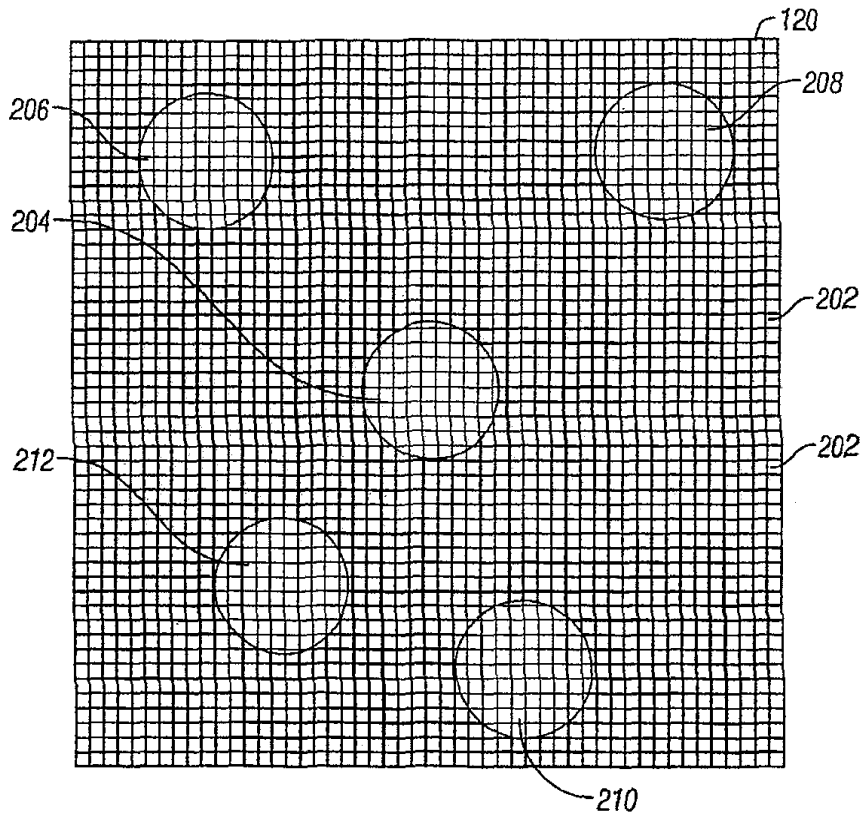
도면9



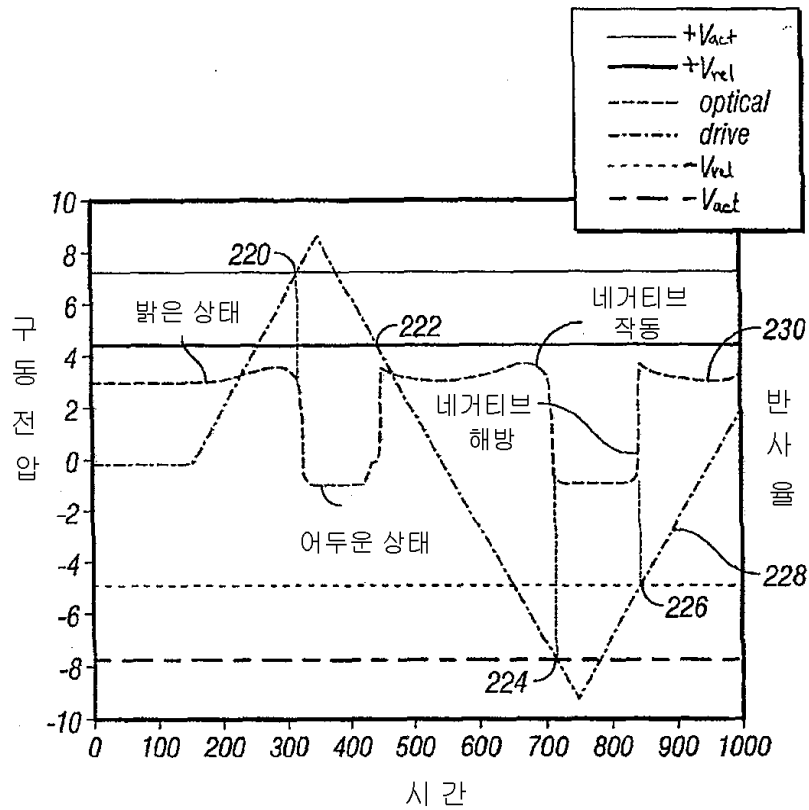
도면10



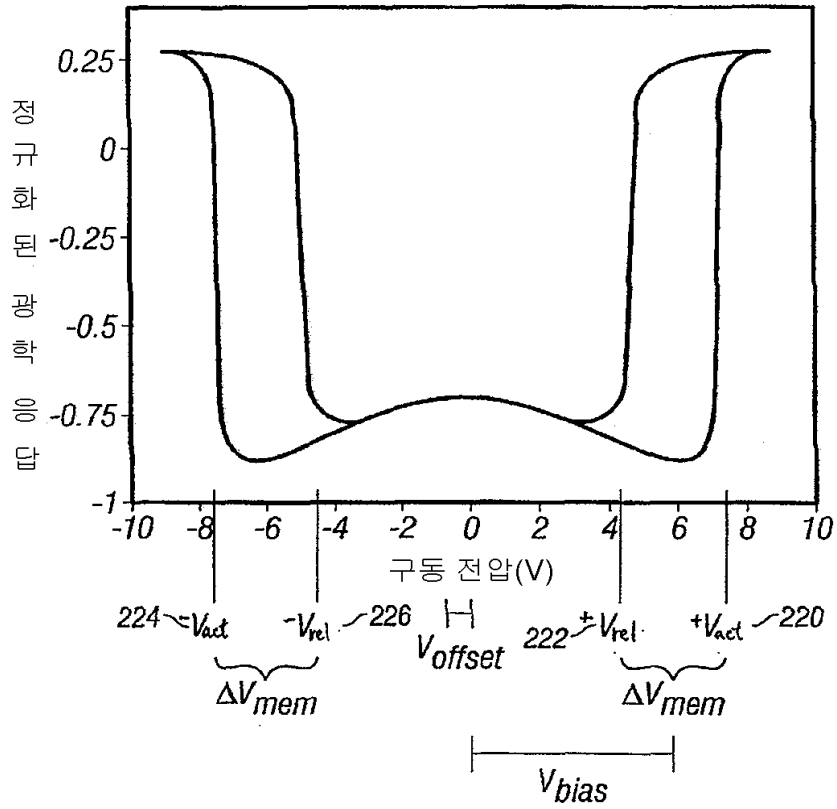
도면11



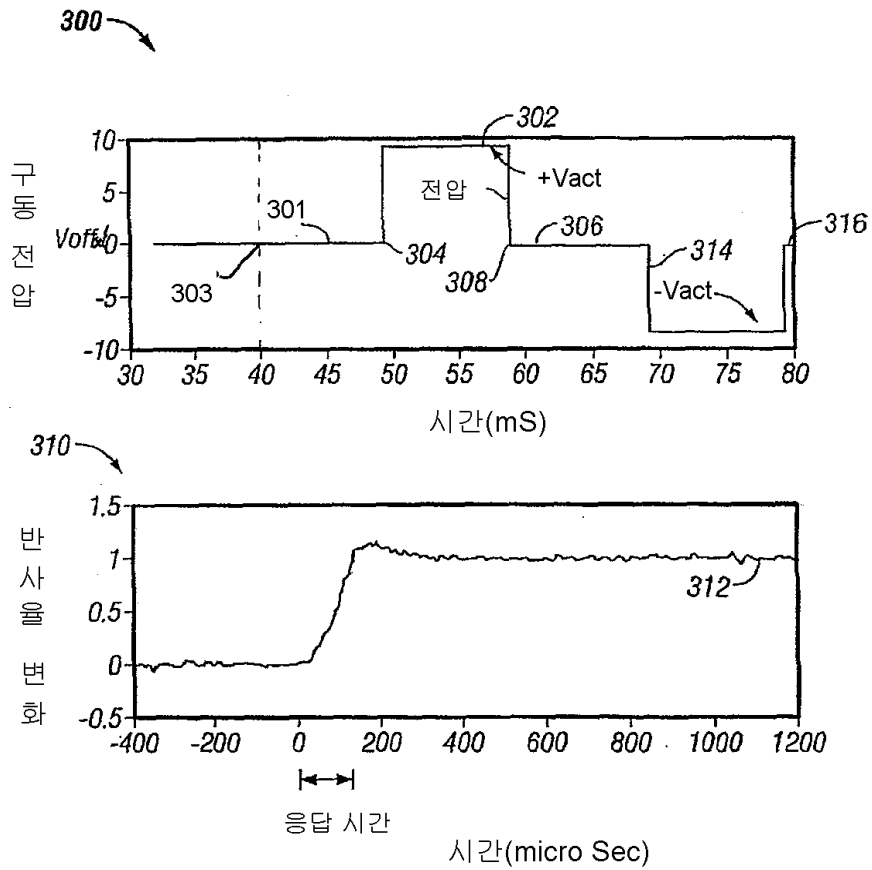
도면12



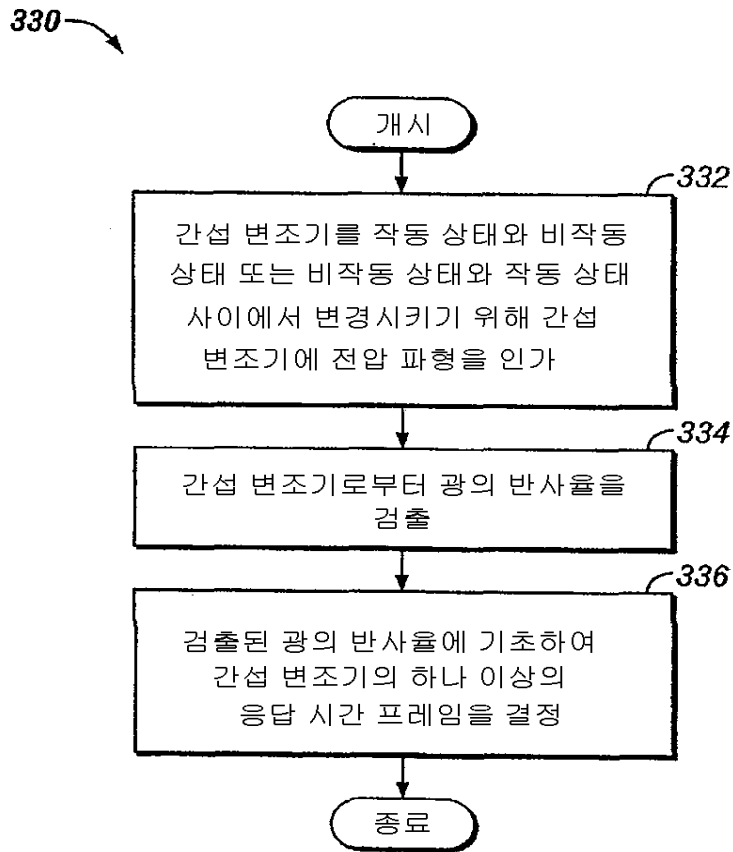
도면13



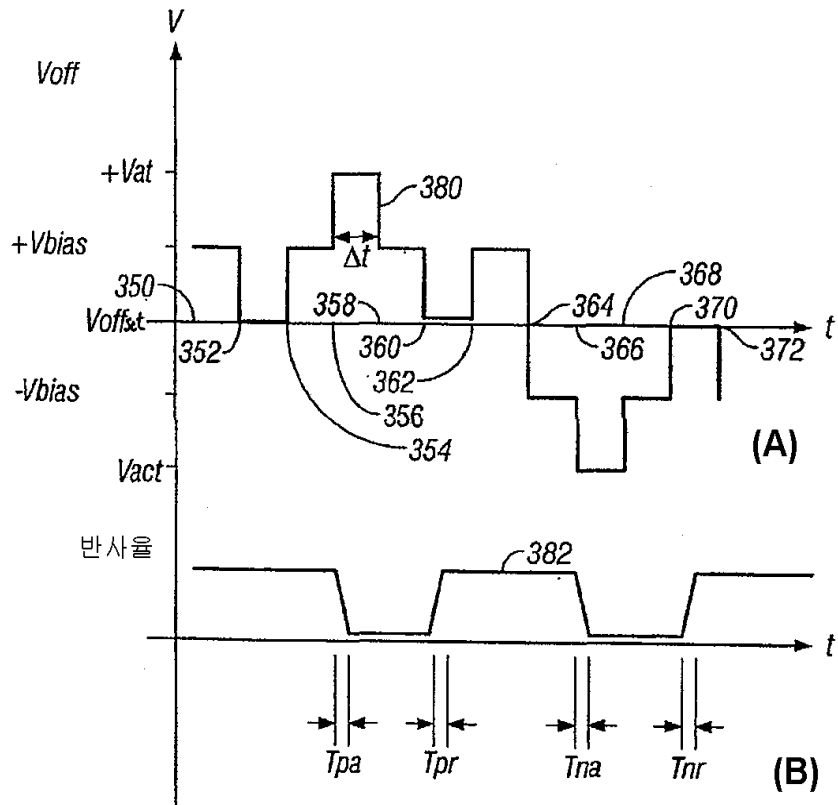
도면14



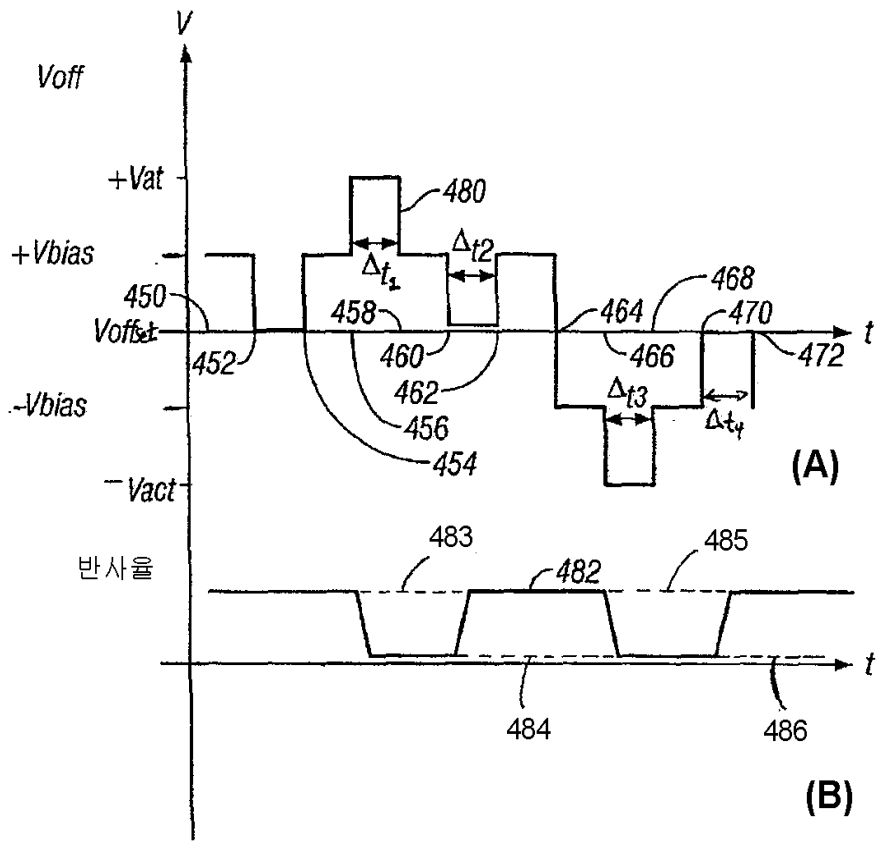
도면15



도면16



도면17



도면18

