(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.
B81B 3/00 (2006.01)
G01B 11/02 (2006.01)
G02B 26/00 (2006.01)
G01B 11/02 (2006.01)
G02B 26/00 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2007-0067707
(43) 공개일자 2007년06월28일

(21) 출원번호 10-2007-7010601(분할)
(22) 출원일자 2007년05월10일
심사청구일자 없음
번역문 제출일자 2007년05월10일
(62) 원출원 특허10-2007-7009676
원출원일자 : 2007년04월27일
(86) 국제출원번호 PCT/US2005/033221
국제출원일자 2005년09월16일
(87) 국제공개번호 WO 2006/036601
국제공개일자 2006년04월06일

(30) 우선권주장 11/198,888 2005년08월05일 미국(US)
60/613,537 2004년09월27일 미국(US)

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

(72) 발명자 커밍스 윌리엄 제이.
미국 94030 캘리포니아주 밀브래 애쉬톤 애비뉴 149
갤리 브라이언 제이.
미국 95032 캘리포니아주 로스 가토스 벨라 비스타 애비뉴 346

(74) 대리인 유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 38 항

(54) 간섭 변조기를 위한 프로세스 제어 모니터

(57) 요약

미소 기전 시스템(MEMS) 기기(108)를 제조하는 데 사용된 것과 동일한 프로세스 단계들 중 적어도 일부를 사용하여 생성되는 프로세스 제어 모니터(100, 102, 104)에 대해 개시한다. 프로세스 제어 모니터(100, 102, 104)에 대한 분석으로 미소 기전 시스템 기기(108)의 특성 및 미소 기전 시스템 기기의 구성요소 또는 하부 구성요소에 관한 정보를 제공할 수 있다. 이 정보를 사용하여 프로세스 중의 에러를 확인할 수 있거나 미소 기전 시스템 기기(108)를 최적화할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 프로세스 제어 모니터에 대한 분석은 광학 측정을 활용할 수 있다.

대표도

도 12

특허청구의 범위

청구항 1.

미소 기전 시스템(MEMS)의 제조 동안, 다른 재료로 이루어진 2개 층 사이에 인접하여 위치하는 제1 재료의 에칭의 범위를 모니터링하는 방법에 있어서,

다른 재료로 이루어진 상기 2개 층과, 상기 2개 층 사이에 인접하여 배치된 상기 제1 재료를 포함하는 테스트 유닛을 제조하는 단계로서, 상기 2개 층 중 하나는 홀(hole)을 포함하는, 상기 테스트 유닛을 제조하는 단계;

상기 홀을 에칭제에 노출시키는 단계; 및

상기 홀의 중심으로부터 상기 에칭제가 상기 제1 재료를 에칭하여 제거하는 곳까지의 거리를 광학적으로 검출하는 단계로서, 상기 거리는 상기 제1 재료의 에칭의 범위를 나타내는, 상기 거리를 광학적으로 검출하는 단계

를 포함하는 모니터링 방법.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 거리를 광학적으로 검출하는 단계는, 상기 테스트 유닛에서 상기 제1 재료 및 상기 다른 재료로 이루어진 2층이 상기 테스트 유닛의 제조 동안 적층되는 측으로부터 광의 반사율을 검출하는 단계를 포함하는, 모니터링 방법.

청구항 3.

제1항에 있어서,

상기 거리를 광학적으로 검출하는 단계는, 상기 테스트 유닛에서 상기 제1 재료 및 상기 다른 재료로 이루어진 2층이 상기 테스트 유닛의 제조 동안 적층되는 측의 반대측으로부터 광의 반사율을 검출하는 단계를 포함하는, 모니터링 방법.

청구항 4.

제1항에 있어서,

상기 미소 기기 시스템(MEMS)은 간섭 변조기들을 포함하며, 상기 제1 재료는 상기 간섭 변조기들에서의 다른 층들에 대한 기계적 멤브레인의 위치를 결정하는 희생층인, 모니터링 방법.

청구항 5.

제4항에 있어서,

상기 제1 재료는 몰리브덴인, 모니터링 방법.

청구항 6.

제4항에 있어서,

상기 제1 재료는 실리콘인, 모니터링 방법.

청구항 7.

제1항에 있어서,

상기 홀은 포토리소그래피법으로 생성되는, 모니터링 방법.

청구항 8.

제1항에 있어서,

상기 에칭제가 상기 제1 재료를 에칭하지 않은 곳과 비교하여 상기 에칭제가 상기 제1 재료를 에칭한 곳의 가시 스펙트럼에서 실질적으로 상이한 반사율이 검출되는, 모니터링 방법.

청구항 9.

제1항에 있어서,

상기 거리를 광학적으로 검출하는 단계는 상기 테스트 유닛을 가시적으로 관찰하는 단계를 포함하는, 모니터링 방법.

청구항 10.

제1항에 있어서,

상기 거리를 광학적으로 검출하는 단계는 상기 테스트 유닛으로부터 반사된 광을 카메라로 검출하는 단계를 포함하는, 모니터링 방법.

청구항 11.

제1항에 있어서,

상기 거리를 광학적으로 검출하는 단계는 상기 거리를 가시적으로 관찰하는 단계를 포함하는, 모니터링 방법.

청구항 12.

제1항에 있어서,

상기 거리를 광학적으로 검출하는 단계는 상기 홀을 상기 에칭제에 노출시키는 동안 수행되는, 모니터링 방법.

청구항 13.

제1항에 있어서,

상기 거리를 광학적으로 검출하는 단계는 상기 홀을 상기 에칭제에 노출시킨 후 수행되는, 모니터링 방법.

청구항 14.

제13항에 있어서,

상기 거리를 광학적으로 검출하는 단계는 상기 테스트 유닛을 에칭 챔버로부터 제거한 후 수행되는, 모니터링 방법.

청구항 15.

제1항에 있어서,

상기 테스트 유닛을 제조하는 단계는 상기 제1 재료의 제거 후 상기 서로 다른 재료로 이루어진 2층의 분리를 지지하는 복수의 포스트를 상기 테스트 유닛에 형성하는 단계를 포함하는, 모니터링 방법.

청구항 16.

제15항에 있어서,

상기 복수의 포스트는 상기 거리를 결정하기 위한 버니어(vernier)로서 사용되는, 모니터링 방법.

청구항 17.

희생층 및 상기 희생층 위의 그리고 인접하는 하나 이상의 층을 포함하며, 상기 희생층을 제거하면 간섭 변조기들로 되는 복수의 구조체로서, 상기 희생층 위에 인접하여 배치된 하나 이상의 층은 상기 희생층에 에칭제가 도달할 수 있는 복수의 홀을 포함하는, 상기 복수의 구조체; 및

희생층 및 상기 희생층 위에 인접하여 배치된 하나 이상의 층을 포함하는 테스트 유닛으로서, 상기 테스트 유닛에서의 상기 희생층 및 상기 희생층 위에 인접하여 배치된 하나 이상의 층은 복수의 홀을 포함하는, 상기 테스트 유닛

을 포함하며,

상기 테스트 유닛에서의 복수의 홀들 사이의 거리는 상기 복수의 구조체에서의 복수의 홀들 사이의 거리보다 큰, 웨이퍼.

청구항 18.

제17항에 있어서,

상기 에칭제가 상기 테스트 유닛에서의 상기 희생층을 실질적으로 완전하게 제거하기 전에, 상기 에칭제가 상기 간섭 변조기들에서의 상기 희생층을 실질적으로 완전하게 제거하도록, 상기 간섭 변조기들과 상기 테스트 유닛에서의 상기 홀들 사이의 거리가 정해지는, 웨이퍼.

청구항 19.

제17항에 있어서,

상기 희생층 위의 상기 하나 이상의 층은 미러를 포함하는 기계적 멤브레인을 포함하는, 웨이퍼.

청구항 20.

제17항에 있어서,

상기 복수의 구조체 및 상기 테스트 유닛은 실질적으로 투명한 기판 위에 배치되는, 웨이퍼.

청구항 21.

희생층 및 상기 희생층 위에 인접하여 배치된 하나 이상의 층을 포함하는 복수의 구조체로서, 상기 복수의 구조체는 상기 희생층을 제거하면 간섭 변조기들이 되며, 상기 희생층 위에 인접하여 배치된 상기 하나 이상의 층은 상기 희생층에 에칭제가 도달할 수 있는 복수의 홀을 포함하는, 상기 복수의 구조체; 및

상기 희생층 및 상기 희생층 위에 인접하여 배치된 하나 이상의 층을 포함하는 테스트 유닛으로서, 상기 테스트 유닛에서 상기 희생층 위에 인접하여 배치된 상기 하나 이상의 층은 단일의 홀을 포함하는, 상기 테스트 유닛

을 포함하는 웨이퍼.

청구항 22.

제21항에 있어서,

상기 단일의 홀은 상기 복수의 홀과 실질적으로 동일한 직경을 갖는, 웨이퍼.

청구항 23.

제21항에 있어서,

상기 에칭제가 상기 테스트 유닛에서의 상기 희생층을 실질적으로 완전하게 제거하기 전에, 상기 에칭제가 상기 간섭 변조기들에서의 상기 희생층을 실질적으로 완전하게 제거하도록, 상기 테스트 유닛을 구성하는, 웨이퍼.

청구항 24.

제21항에 있어서,

상기 단일의 홀과 상기 테스트 유닛의 에지들 사이의 거리는 상기 복수의 구조체에서의 상기 복수의 홀들 사이의 거리보다 큰, 웨이퍼.

청구항 25.

제21항에 있어서,

상기 희생층 위의 상기 하나 이상의 층은 미러를 포함하는 기계적 멤브레인을 포함하는, 웨이퍼.

청구항 26.

제21항에 있어서,

상기 복수의 구조체 및 상기 테스트 유닛은 실질적으로 투명한 기판 위에 배치되는, 웨이퍼.

청구항 27.

미소 기전 시스템(MEMS) 및 테스트 유닛 구조체를 갖는 웨이퍼를 제조하는 방법에 있어서,

하나 이상의 재료 적층 및 제거 단계를 포함하는 복수의 구조체를 형성하는 단계로서, 상기 복수의 구조체는 희생층 및 상기 희생층 위에 인접하여 배치된 하나 이상의 층을 포함하며, 상기 희생층 위에 인접하여 배치된 상기 하나 이상의 층은 에칭제가 상기 희생층에 도달할 수 있는 복수의 홀을 포함하는, 상기 복수의 구조체를 형성하는 단계;

상기 하나 이상의 재료 적층 및 제거 단계를 포함하는 테스트 유닛을 동시에 형성하는 단계로서, 상기 테스트 유닛도 또한 상기 희생층 및 상기 희생층 위에 인접하여 배치된 하나 이상의 층을 포함하며, 상기 테스트 유닛에서의 상기 희생층 위에 인접하여 배치된 상기 하나 이상의 층은 복수의 홀을 포함하며, 상기 테스트 유닛에서의 상기 홀들 사이의 거리는 상기 복수의 구조체에서의 상기 복수의 홀들 사이의 거리보다 큰, 상기 테스트 유닛을 형성하는 단계; 및

상기 복수의 구조체 및 상기 테스트 유닛을 에칭제에 노출시키는 단계

를 포함하며,

상기 복수의 구조체는 상기 희생층을 제거하면 간섭 변조기들이 되는, 웨이퍼 제조 방법.

청구항 28.

제27항에 있어서,

상기 테스트 유닛은, 하나 이상의 상이한 패터닝 단계를 적용함으로써 상기 복수의 구조체와는 다른 구조로 형성되는, 웨이퍼 제조 방법.

청구항 29.

제28항에 있어서,

상기 상이한 패터닝 단계는 상기 테스트 유닛에서의 복수의 홀들을 위한 패턴을 형성하는 단계를 포함하는, 웨이퍼 제조 방법.

청구항 30.

제27항에 기재된 프로세스에 의해 생성된 웨이퍼.

청구항 31.

미소 기전 시스템 구조체(MEMS); 및

미소 기전 시스템 구조체의 제조 동안 제거되는 재료의 에칭 범위를 측정하도록 구성된 테스트 유닛

을 포함하는 웨이퍼.

청구항 32.

전기 자극에 응답하여 기계적 구조체를 이동시키는 제1 수단; 및

상기 제1 수단의 제조 동안 제거되는 재료의 에칭 범위를 측정하기 위한 제2 수단

을 포함하는 웨이퍼.

청구항 33.

제32항에 있어서,

상기 제1 수단은 미소 기전 시스템 구조체(MEMS)를 포함하는, 웨이퍼.

청구항 34.

제32항 또는 제33항에 있어서,

상기 제2 수단은 테스트 유닛을 포함하는, 웨이퍼.

청구항 35.

제33항에 있어서,

상기 미소 기전 시스템 구조체는 간섭 변조기를 포함하는, 웨이퍼.

청구항 36.

제32항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 재료는 상기 제1 수단에서의 갭의 깊이를 결정하는 희생층을 포함하는, 웨이퍼.

청구항 37.

적어도 3개의 재료층을 서로의 상부에 적층하는 단계; 및

상기 재료층의 상부에 홀을 형성하는 단계

를 포함하는 프로세스

에 의해 생성된 테스트 유닛.

청구항 38.

컴퓨터로 하여금, 미소 기전 시스템의 제조 동안 제거되는 재료의 에칭 범위를 측정하도록 구성된 테스트 유닛을 전자적으로 촬상하게 하는 수단; 및

컴퓨터로 하여금, 상기 전자적으로 촬상된 화상을 분석하여 상기 에칭 범위를 결정하게 하는 수단

을 포함하는 컴퓨터가 판독 가능한 매체.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명의 분야는 미소 기전 시스템(MEMS)에 관한 것이다.

미소 기전 시스템(MEMS)은 미소 기계 소자, 액추에이터, 및 전자 기기를 포함한다. 미소 기계 소자는 증착(deposition), 에칭, 및/또는, 기판 및/또는 증착된 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 간섭 변조기가 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 간섭 변조기 또는 간섭 광변조기는 광 간섭의 원리를 이용하여 광을 선택적으로 흡수하거나 반사하는 기기를 말한다. 특정한 실시예에서, 간섭 변조기는 한 쌍의 도전성 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 기판상에 배치된 고정층을 포함하여 구성되고, 다른 하나의 플레이트는 에어 갭에 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. 이러한 기기는 그 응용분야가 넓고, 이러한 형태의 기기의 특성을 활용 및/또는 개조하여, 그 특성이 기존의 제품을 개선하고 아직까지 개발되지 않은 새로운 제품을 창출하는 데에 이용될 수 있도록 하는 것은 해당 기술분야에서 매우 유익할 것이다.

미소 기전 시스템 기기의 제조 중에 에러가 발생할 수 있다. 에러 및 에러의 원인을 검출하는 것은 미소 기전 시스템 기기의 품질 제어 및 최적화에서 문제를 일으킬 수 있다. 따라서, 제조 프로세스 및 그 결과를 모니터링하기 위한 구조체 및 방법이 필요하다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

여기서 개시된 일실시예는 미소 기전 시스템(MEMS)을 제조하는 데 사용되는 제조 프로세스에 관한 정보 획득 방법을 포함하며, 상기 방법은, 일련의 적층 및 패터닝 단계를 통해 기판의 제1 측면 위에 적어도 하나의 미소 기전 시스템(MEMS) 구조체를 형성하는 단계; 상기 일련의 적층 및 패터닝 단계를 활용하여 상기 기판의 상기 제1 측면 위에, 상기 미소 기전 시스템 구조체와는 적어도 하나의 구조적 차이를 가지는 적어도 하나의 테스트 유닛을 동시에 형성하는 단계; 및 상기 제1 측면에 반대되는 상기 기판의 제2 측면으로부터 상기 테스트 유닛으로부터 반사된 광을 검출하는 단계를 포함하며, 상기 검출된 광은, 상기 적층 및 패터닝 단계 동안 적층되거나 제거된 적어도 하나의 재료의 특성을 제공한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 일련의 적층 및 패터닝 단계를 포함하는 간섭 변조기의 제조 프로세스를 모니터링하는 방법을 포함하며, 상기 방법은, 상기 일련의 적층 및 패터닝 단계를 사용하여, 상기 간섭 변조기 제조 프로세스에 의해 형성된 간섭 변조기와는 적어도 하나의 구조적 차이를 가지는 테스트 유닛을 형성하는 단계; 및 상기 테스트 유닛으로부터 광학 반사율을 검출하는 단계를 포함한다.

여기서 개시된 다른 실시예는 간섭 변조기의 제조 프로세스를 모니터링하는 데 사용하기 위한 테스트 유닛을 포함하며, 상기 간섭 변조기들은 디스플레이에서 사용하기 위해 구성되고, 상기 테스트 유닛은 상기 디스플레이에서 사용하기 위해 구성된 상기 간섭 변조기들을 제조하는 데 사용된 단계들과 하나 이상의 단계를 공통으로 포함하는 프로세스에 의해 제조된다.

여기서 개시된 다른 실시예는 웨이퍼를 포함하며, 상기 웨이퍼는, 디스플레이에서 사용하기 위해 구성된 하나 이상의 반사 디스플레이 소자; 및 입사광을 반사하고 이에 의해 상기 하나 이상의 반사 디스플레이 소자를 제조하는 데 사용되는 프로세스들에 관한 정보를 제공하도록 구성된 하나 이상의 테스트 유닛을 포함한다.

여기서 개시된 다른 실시예는 웨이퍼를 포함하며, 상기 웨이퍼는, 디스플레이에서 사용하기 위한 광을 반사하는 복수의 제1 수단; 및 입사광을 반사하고 상기 복수의 제1 수단을 제조하는 데 사용되는 프로세스들을 모니터링하는 제2 수단을 포함한다.

여기서 개시된 다른 실시예는 디스플레이에서 사용하기 위한 제1 웨이퍼를 제조하는 방법을 포함하며, 상기 방법은, 제2 웨이퍼 위에 복수의 간섭 변조기 및 하나 이상의 테스트 유닛을 형성하는 단계; 및 상기 테스트 유닛을 제거하여 상기 제1 웨이퍼를 생성하기 위해 상기 제2 웨이퍼를 절단하는 단계를 포함한다.

여기서 개시된 다른 실시예는 간섭 변조기 어레이가 디스플레이에서 사용하기에 적합한 것으로 확인하는 방법을 포함하며, 상기 방법은, 상기 간섭 변조기는 일련의 적층 및 패터닝 단계를 포함하는 프로세스에 의해 제조되며, 상기 방법은, 상기 일련의 적층 및 패터닝 단계 중 적어도 일부를 사용하여 하나 이상의 테스트 유닛을 형성하는 단계; 및 상기 테스트 유닛의 하나 이상의 특징을 검출하는 단계를 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 미소 기전 시스템(MEMS)의 제조 동안 다른 재료로 이루어진 2개 층 사이에 그리고 인접하여 위치하는 제1 재료의 에칭량을 모니터링하는 방법을 포함하며, 상기 방법은, 다른 재료로 이루어진 2층과 상기 2개 층 사이에 그리고 인접하여 배치된 상기 제1 재료를 포함하는 테스트 유닛을 제조하는 단계로서, 상기 2층 중 하나는 홀을 포함하는, 상기 테스트 유닛을 제조하는 단계; 상기 홀을 에칭제(etchant)에 노출하는 단계; 및 상기 홀의 중심으로부터 상기 에칭제가 상기 제1 재료를 에칭한 곳까지의 거리를 광학적으로 검출하는 단계로서, 상기 거리는 상기 제1 재료의 에칭량을 나타내는, 상기 검출하는 단계를 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 웨이퍼를 포함하며, 상기 웨이퍼는, 희생층 및 상기 희생층 위의 그리고 인접하는 하나 이상의 층을 포함하는 복수의 구조체로서, 상기 복수의 구조체는 상기 희생층을 제거하면 간섭 변조기들이 되며, 상기 희생층 위의 그리고 인접하는 상기 하나 이상의 층은 상기 희생층에 에칭제가 도달할 수 있는 복수의 홀을 포함하는, 상기 복수의 구조체; 및 상기 희생층 및 상기 희생층 위의 그리고 인접하는 하나 이상의 층을 포함하는 테스트 유닛으로서, 상기 테스트 유닛에서 상기 희생층 위의 그리고 인접하는 상기 하나 이상의 층은 복수의 홀을 포함하고, 상기 테스트 유닛에서의 상기 홀들 사이의 거리는 상기 복수의 구조체에서의 상기 복수의 홀들 사이의 거리보다 큰, 상기 테스트 유닛을 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 웨이퍼를 포함하며, 상기 웨이퍼는, 희생층 및 상기 희생층 위의 그리고 인접하는 하나 이상의 층을 포함하는 복수의 구조체로서, 상기 복수의 구조체는 상기 희생층을 제거하면 간섭 변조기들이 되며, 상기 희생층 위의 그리고 인접하는 상기 하나 이상의 층은 상기 희생층에 에칭제가 도달할 수 있는 복수의 홀을 포함하는, 상기 복수의 구조체; 및 상기 희생층 및 상기 희생층 위의 그리고 인접하는 하나 이상의 층을 포함하는 테스트 유닛으로서, 상기 테스트 유닛에서 상기 희생층 위의 그리고 인접하는 상기 하나 이상의 층은 단일의 홀을 포함하는, 상기 테스트 유닛을 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 미소 기전 시스템(MEMS) 및 테스트 유닛 구조체를 갖는 웨이퍼를 제조하는 방법을 포함하며, 상기 방법은, 복수의 구조체를 형성하는 단계로서, 상기 복수의 구조체를 형성하는 단계는 하나 이상의 재료 적층 및 제거 단계를 포함하며, 상기 복수의 구조체는 희생층 및 상기 희생층 위와 그리고 인접하는 하나 이상의 층을 포함하며, 상기 희생층 위와 그리고 인접하는 상기 하나 이상의 층은 에칭제가 상기 희생층에 도달할 수 있는 복수의 홀을 포함하는, 상기 복수의 구조체를 형성하는 단계; 테스트 유닛을 동시에 형성하는 단계로서, 상기 테스트 유닛을 형성하는 단계는 하나 이상의 재료 적층 및 제거 단계를 포함하며, 상기 테스트 유닛은 또한 상기 희생층 및 상기 희생층 위와 그리고 인접하는 하나 이상의 층을 포함하며, 테스트 유닛에서의 상기 희생층 위와 그리고 인접하는 상기 하나 이상의 층은 복수의 홀을 포함하며, 상기 테스트 유닛에서의 상기 홀들 사이의 거리는 상기 복수의 구조체에서의 상기 복수의 홀들 사이의 거리보다 큰, 상기 테스트 유닛을 형성하는 단계; 및 상기 복수의 구조체 및 상기 테스트 유닛을 에칭제에 노출시키는 단계를 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 미소 기전 시스템 구조체(MEMS); 및 미소 기전 시스템 구조체의 제조 동안 제거된 재료의 에칭량을 측정하도록 구성된 테스트 유닛을 포함하는 웨이퍼를 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 전기 자극에 응답하여 기계적 구조체를 제거하는 제1 수단; 및 상기 제1 수단의 제조 동안 제거된 재료의 에칭량을 측정하기 위한 제2 수단을 포함하는 웨이퍼를 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 적어도 3개의 재료층을 서로의 상부에 적층하는 단계; 및 상부 재료층에 홀을 형성하는 단계를 포함하는 프로세스에 의해 생성된 테스트 유닛을 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 프로세스에 의해 제조된 간섭 변조기들로부터 반사된 컬러에 대한 간섭 변조기 제조 프로세스의 효과를 결정하는 결정 방법을 포함하며, 상기 방법은, 제1 기계적 멤브레인을 지지하는 포스트들을 포함하는 복수의 간섭 변조기를 제조하는 단계; 제2 기계적 멤브레인을 지지하는 포스트들을 포함하는 테스트 유닛 에탈론을 제조하는 단계로서, 상기 테스트 유닛에서의 포스트들은 상기 복수의 간섭 변조기에서의 포스트들보다 더 높은 밀도로 배치되는, 상기 테스트 유닛 에탈론을 제조하는 단계; 및 상기 테스트 유닛 에탈론으로부터 반사된 광을 검출하는 단계로서, 상기 반사광은 상기 복수의 간섭 변조기에서의 간섭 캐비티의 깊이를 나타내는, 상기 검출하는 단계를 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 간섭 변조기들에 의해 반사된 광의 컬러에 대해 간섭 변조기를 제조하는 프로세스의 효과를 모니터링하는 테스트 유닛을 포함하며, 상기 테스트 유닛은, 테스트 에탈론을 포함하며, 상기 테스트 에탈론은, 상기 프로세스에 의해 생성된 간섭 변조기들에서보다, 기계적 멤브레인을 지지하는 더욱 고 밀집의 포스트를 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 디스플레이에서 사용하도록 구성된 복수의 반사 디스플레이 소자; 및 상기 복수의 반사 디스플레이 소자 중 하나 이상으로부터 반사된 컬러와 실질적으로 동일한 컬러를 갖는 광을 반사하도록 구성된 테스트 유닛을 포함하는 웨이퍼를 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 전도성 부분 미러 및 미러를 포함하는 전도성 기계적 멤브레인을 가지는 에탈론을 포함하는 테스트 유닛을 포함하며, 상기 기계적 멤브레인은 복수의 포스트에 의해 상기 부분 미러로부터 분리되어 있고, 상기 부분 미러와 상기 기계적 멤브레인 사이에 전압이 인가될 때 상기 기계적 멤브레인이 상기 부분 미러 쪽으로 붕괴되지 않을 정도로 상기 포스트들의 밀도가 충분히 높다.

여기에 개시된 다른 실시예는 조합된 미소 기전 시스템(MEMS) 및 테스트 유닛 구조체를 제조하는 방법을 포함하며, 상기 방법은, 미소 기전 시스템(MEMS) 구조체를 형성하는 단계로서, 상기 미소 기전 시스템 구조체를 형성하는 단계는 하나 이상의 적층 및 패터닝 단계를 포함하고, 상기 미소 기전 시스템 구조체는 제1 복수의 포스트에 의해 지지되는 제1 기계적 멤브레인을 포함하는, 상기 미소 기전 시스템 구조체를 형성하는 단계; 및 테스트 유닛을 동시에 형성하는 단계로서, 상기 테스트 유닛을 형성하는 단계는 상기 하나 이상의 재료 적층 및 패터닝 단계를 포함하며, 상기 테스트 유닛은 제2 복수의 포스트에 의해 지지되는 제2 기계적 멤브레인을 포함하며, 상기 제2 복수의 포스트는 상기 제1 복수의 포스트보다 고밀도로 배치되는, 상기 테스트 유닛을 형성하는 단계를 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 디스플레이에서 사용하기 위한 광을 반사하는 복수의 제1 수단; 및 상기 제2 수단 중 하나 이상으로부터 반사된 것과 실질적으로 동일한 컬러를 가지는 광을 안정적으로 반사하는 제2 수단을 포함하는 웨이퍼를 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 부분 미러를 형성하는 단계; 기계적 멤브레인을 형성하는 단계; 및 상기 기계적 멤브레인을 지지하고 상기 기계적 멤브레인을 상기 부분 미러와 분리시키는 복수의 포스트를 형성하는 단계로서, 상기 부분 미러와 상기 기계적 멤브레인 사이에 전압을 인가할 때 상기 기계적 멤브레인이 상기 부분 미러 쪽으로 붕괴되지 않을 정도로 포스트의 밀도가 충분히 높은, 상기 복수의 포스트를 형성하는 단계를 포함하는 프로세스에 의해 생성된 테스트 유닛을 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 미소 기전 시스템(MEMS)의 제조 동안 적층된 재료의 적층을 모니터링하는 방법을 포함하며, 상기 방법은, 상기 제조 동안 적층된 적어도 3층의 재료층으로 이루어진 테스트 유닛을 형성하는 단계로서, 상기 적어도 3층의 재료층은 상기 미소 기전 시스템의 제조 동안 적층된 층의 수보다 적으며, 상기 적어도 3층의 재료층은 에탈론을 형성하는, 상기 테스트 유닛을 형성하는 단계; 및 상기 에탈론으로부터 반사된 광을 검출하는 단계로서, 이에 의해 상기 적어도 3층의 재료층의 일부에 관한 정보가 얻어지는, 상기 광을 검출하는 단계를 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 디스플레이에서 사용하도록 구성된 복수의 간섭 변조기; 및 비변조 간섭계(non-modulating interferometer)를 포함하는 웨이퍼를 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 디스플레이에서 광을 간섭적으로 디스플레이하기 위한 복수의 제1 수단; 및 광을 비변조적으로 그리고 간섭적으로 반사하기 위한 제2 수단을 포함하는 웨이퍼를 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 미소 기전 시스템(MEMS)의 제조 동안 적층된 재료의 적층을 모니터링하는 방법을 포함하며, 상기 방법은, 상기 제조 동안 적층된 하나 이상의 재료층을 포함하는 테스트 유닛을 형성하는 단계로서, 상기 테스트 유닛에서의 층의 수는 상기 미소 기전 시스템의 제조 동안 적층된 층의 수보다 작은, 상기 테스트 유닛을 형성하는 단계; 및 상기 테스트 유닛의 반사율을 검출하는 단계로서, 이에 의해 상기 반사율은 상기 테스트 유닛에서의 층들의 특성에 관한 정보를 제공하는, 상기 검출하는 단계를 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 디스플레이에서 사용하도록 구성되고, 복수의 재료층을 포함하는 복수의 간섭 변조기; 및 상기 복수의 재료층들 중 하나 이상을 포함하되, 상기 복수의 재료층의 모두보다 적게 포함하는 테스트 유닛을 포함하는 웨이퍼를 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 조합된 미소 기전 시스템(MEMS) 및 테스트 유닛 구조체를 제조하는 방법을 포함하며, 상기 방법은, 하나 이상의 재료 적층 및 패터닝 단계를 포함하는 미소 기전 시스템 구조체를 형성하는 단계; 및 상기 하나 이상의 재료 적층 및 패터닝 단계를 포함하는 테스트 유닛을 동시에 형성하는 단계로서, 상기 테스트 유닛은 상기 미소 기전 시스템 구조체에 있는 모든 구성요소보다 적게 포함하는, 상기 테스트 유닛을 형성하는 단계를 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 미소 기전 시스템 구조체를 형성하기 위해 기판 위에 일련의 재료층을 적층 및 패터닝하는 단계; 및 테스트 유닛을 형성하기 위해 상기 기판 위에 일련의 재료층을 동시에 적층 및 패터닝하는 단계로서, 상기 테스트 유닛은 상기 미소 기전 시스템 구조체에 있는 모든 구성요소보다 적게 포함하는, 상기 재료층을 적층 및 패터닝하는 단계를 포함하는 프로세스에 의해 생성된 웨이퍼를 포함한다.

여기에 개시된 다른 실시예는 미소 기전 시스템(MEMS)의 제조 동안 적층된 층들의 두께를 측정하는 방법을 포함하며, 상기 방법은, 서로의 상부 위에 연속적으로 적층된 2 이상의 층을 포함하는 테스트 유닛을 형성하는 단계로서, 상기 2 이상의 층들은 상기 미소 기전 시스템의 제조 동안 상기 층들을 형성하는 데 사용된 프로세스를 사용하여 형성되며, 상기 2 이상의 층들은 적어도 2 단차가 상기 구조체의 프로파일에서 형성되도록 패터닝되는, 상기 테스트 유닛을 형성하는 단계; 및 상기 구조체에 걸쳐 외형 분석기(profilometer)를 쓸어내림으로써 상기 단차들의 높이를 측정하는 단계를 포함한다.

여기서 개시된 다른 실시예는 간섭 변조기의 제조 동안 적층된 복수의 층의 두께를 측정하는 테스트 유닛을 포함하며, 상기 테스트 유닛은, 상기 테스트 유닛의 프로파일에 적어도 2개의 단차를 생성하기 위해 서로의 상부 위에 적층된 층들을 포함한다.

여기서 개시된 다른 실시예는 디스플레이에서 사용하도록 구성되며, 복수의 재료층을 포함하는 복수의 간섭 변조기; 및 테스트 유닛의 프로파일에 적어도 2개의 단차를 형성하도록 서로의 상부 위에 적층된 상기 복수의 재료층을 포함하는 상기 테스트 유닛을 포함하는 웨이퍼를 포함한다.

여기서 개시된 다른 실시예는 조합된 미소 기전 시스템(MEMS) 및 테스트 유닛 구조체를 제조하는 방법을 포함하며, 상기 방법은, 미소 기전 시스템 구조체를 형성하는 단계로서, 상기 미소 기전 시스템 구조체를 형성하는 단계는 하나 이상의 재료 적층 및 패터닝 단계를 포함하며, 상기 미소 기전 시스템 구조체는 복수의 층을 포함하는, 상기 미소 기전 시스템 구조체를 형성하는 단계; 및 테스트 유닛을 동시에 형성하는 단계로서, 상기 테스트 유닛을 형성하는 단계는 상기 하나 이상의 재료 적층 및 패터닝 단계를 포함하며, 상기 테스트 유닛은 상기 테스트 유닛의 프로파일에 적어도 2개의 단차를 형성하기 위해 상기 복수의 층을 포함하는, 상기 테스트 유닛을 형성하는 단계를 포함한다.

여기서 개시된 다른 실시예는 디스플레이에서 사용하도록 구성된 복수의 반사 디스플레이 소자; 및 상기 반사 디스플레이 소자의 제조 동안 적층된 적어도 하나의 재료의 두께를 측정하도록 구성된 테스트 유닛을 포함하는 웨이퍼를 포함한다.

여기서 개시된 다른 실시예는 디스플레이에서 사용하기 위한 광을 반사하는 복수의 제1 수단; 및 상기 제1 수단의 제조 동안 적층된 적어도 하나의 재료의 두께를 측정하는 제2 수단을 포함하는 웨이퍼를 포함한다.

여기서 개시된 다른 실시예는 미소 기전 시스템 구조체를 형성하기 위해 기판 위에 일련의 재료층을 적층 및 패터닝하는 단계; 및 테스트 유닛을 형성하기 위해 상기 기판 위에 상기 일련의 재료층을 동시에 적층 및 패터닝하는 단계로서, 상기 패터닝 후 상기 테스트 유닛에 남아 있는 재료층들은 상기 테스트 유닛의 프로파일에 적어도 2개의 단차를 형성하는, 상기 테스트 유닛을 형성하는 단계를 포함하는 프로세스에 의해 생성된 웨이퍼를 포함한다.

여기서 개시된 다른 실시예는 다색의 간섭 변조기 디스플레이를 제조하는 데 사용되는 프로세스를 테스트하는 방법을 포함하며, 상기 방법은, 부분 반사기와 반사 기계적 멤브레인 사이에 서로 다른 깊이의 갭들을 형성함으로써 상기 디스플레이에서의 서로 다른 컬러 간섭 변조기들을 제조하며, 상기 갭들의 깊이는 하나 이상의 희생층의 적층에 의해 결정되며, 적어도 하나의 갭의 깊이는 복수의 희생층의 적층에 의해 결정되며, 상기 방법은, 상기 하나 이상의 희생층을 포함하는 테스트 유닛을 형성하는 단계로서, 상기 테스트 유닛의 하나 이상의 영역은 서로의 상부 위에 적층된 상기 복수의 희생층을 포함하는, 상기 테스트 유닛을 형성하는 단계; 상기 테스트 유닛의 프로파일을 측정하는 단계; 및 상기 프로파일로부터 상기 복수의 희생층의 누적 두께를 결정하는 단계를 포함한다.

여기서 개시된 다른 실시예는 다색의 간섭 변조기 디스플레이를 제조하는데 사용되는 프로세스를 테스트하는 데 사용하기 위한 테스트 유닛을 포함하며, 부분 반사기와 반사 기계적 멤브레인 사이에 서로 다른 깊이의 갭들을 형성함으로써 상기 디스플레이에서의 서로 다른 컬러 간섭 변조기들을 제조하며, 상기 갭들의 깊이는 하나 이상의 희생층의 적층에 의해 결정되며, 적어도 하나의 갭의 깊이는 복수의 희생층의 적층에 의해 결정되며, 상기 테스트 유닛은 서로의 상부 위의 복수의 재료층을 포함하며, 상기 테스트 유닛의 하나의 영역은 단일의 희생층을 포함하며, 상기 테스트 유닛의 제2 영역은 서로의 상부 위에 2개의 희생층을 포함하며, 상기 테스트 유닛의 제3 영역은 서로의 상부 위에 3개의 희생층을 포함한다.

발명의 구성

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 정지화상(예컨대, 스틸 이미지)이든, 또는 텍스트이든 그림이든, 이미지를 디스플레이하도록 구성된 것이라면 어떠한 기기에든 구현될 수 있다. 보다 상세하게는, 본 발명은 한정되지는 않지만, 예컨대, 이동전화기, 무선 기기, 개인 휴대용 정보 단말기(PDA), 손에 들고다니거나 휴 대할 수 있는 컴퓨터, GPS 수신기/내비게이터, 카메라, MP3 플레이어, 캠코더, 게임 콘솔, 손목 시계, 시계, 계산기, 텔레비전 모니터, 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 게시판 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 기기와 유사한 구조의 기기를 전자 스위칭 기기와 같은 비(非)디스플레이 분야에 사용할 수도 있다.

미소 기전 시스템 기기의 제조는 통상적으로 일련의 재료 증착, 패터닝 및 에칭 단계를 사용하여 형성된 구조 및 두께를 갖는 수 개의 재료층의 형성을 포함한다. 미소 기전 시스템 기기의 소정의 층에 대한 프로세스 중에 발생하는 임의의 에러를 최종의 미소 기전 시스템 기기에서 진단하는 것은 곤란하다. 또한, 미소 기전 시스템 기기를 그 의도된 사용에 최적화하기 위해 막 두께와 같이, 어떤 특정의 파라미터들을 조정해야만 하는지를 최종의 미소 기전 시스템 기기에서 결정하는 것은 곤란하다. 따라서, 특정의 프로세싱 단계의 결과를 모니터링하는데 사용될 수 있는 구조 및 방법이 필요하다. 그러므로 다양한 실시예에서는, 미소 기전 시스템 기기를 제조하는데 사용되는데 동일한 프로세스들 중 적어도 일부를 사용하여 구성되는 프로세스 제어 모니터가 제공된다. 프로세스 제어 모니터의 분석은, 미소 기전 시스템 기기를 준비하는 개별의 구성요소 또는 서브세트의 구성요소에 관한 정보를 제공한다.

간섭계 미소 기전 시스템 디스플레이 소자를 포함하여 구성된 간섭 변조기 디스플레이의 일실시예가 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 등각투영도이다. 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. 일실시예에서, 이 반사층들 중 하나가 두 개의 위치 사이에서 이동될 수 있다. 제1 위치에서(여기서는 "해방 상태"라고 한다), 이동가능한 층은 부분적으로 반사하는 고정된 층으로부터 상대적으로 먼 거리에 위치한다. 제2 위치에서, 이동가능한 층은 부분적으로 반사하는 층에 보다 가까이 인접하여 위치한다. 두 개의 층으로부터 반사되는 입사광은 이동가능한 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, 이동가능한 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, 이동가능한 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 수개의 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 증착시킴으로써 제조될 수 있다. 일부의 실시예에서, 상기 층들을 병렬 스트립으로 패턴화하여, 상세히 후술하는 바와 같이 디스플레이 기기의 수평열 전극(row electrode)을 형성할 수 있다. 이동가능한 층(14a, 14b)은, 포스트들(18)의 상부와 이 포스트들 사이에 개재된 희생 재료의 표면에 증착된 금속층(들)으로 된 일련의 병렬 스트립(수평열 전극(16a, 16b)에 수직하는)으로 형성될 수 있다. 희생 재료를 에칭하여 제거하면, 이동가능한 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, 이동가능한 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 II®, 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 컨트롤러(22)와 통신하도록 구성된다. 일실시예에서, 어레이 컨트롤러(22)는 패널 또는 디스플레이 어레이(디스플레이)(30)에 신호를 제공하는 수평열 구동 회로(24) 및 수직열 구동 회로(26)를 포함한다. 도 2에서 1-1의 선을 따라 절단한 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. 이동가능한 층을 해방 상태에서 작동 상태로 변형시키기 위해, 예컨대, 10볼트의 전위차가 요구될 수 있다. 그러나 전압이 그 값으로부터 감소할 때, 전압이 10볼트 이하로 떨어지더라도 이동가능한 층은 그 상태를 유지한다. 도 3의 실시예에서, 이동가능한 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 여기서는 "히스테리시스 영역" 또는 "안정 영역"이라고 부른다. 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 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" 내

의 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 있든 해방 상태로 있든, 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 프레임을 만들 수 있다. 그런 다음, 수평열 펄스를 수평열 1의 전극에 인가하여 어서트된 수직열 라인에 대응하는 픽셀들을 작동시킨다. 그러면, 수직열 전극의 어서트된 세트가 두 번째 수평열에 있는 소정 세트의 작동된 픽셀에 대응하도록 변경된다. 그런 다음, 펄스를 수평열 2의 전극에 인가하여 어서트된 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, 도 5a 및 도 5b는 도 2의 3x3 어레이에 디스플레이 프레임을 생성할 수 있는 하나의 구동 프로토콜을 나타낸다. 도 4는 도 3의 히스테리시스 곡선을 보여주는 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 $+\triangle V$로 설정한다. 각각의 전압은 -5볼트 및 +5볼트에 대응할 수 있다. 픽셀을 해방시키기 위해서는, 해당하는 수직열은 $+V_{bias}$로 설정하고 해당하는 수평열은 동일한 값의 $+\triangle V$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 4에도 도시된 바와 같이, 전술한 것과는 반대 극성의 전압을 사용할 수 있는데, 예컨대, 적절한 수직열을 $+V_{bias}$에 설정하고 적절한 수평열을 $-\triangle V$에 설정하여 픽셀의 작동을 향상시킬 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 본 실시예에서, 적절한 수직열을 $-V_{bias}$에 설정하고 적절한 수평열을 동일한 $-\triangle V$에 설정하여, 픽셀 양단에서 0(영) 볼트 전위차를 생성함으로써 픽셀의 해방이 수행될 수 있다.

도 5b는 도 2의 3x3 어레이에 인가되는 일련의 수평열 및 수직열 신호를 보여주는 타이밍도이며, 그 결과로서 작동된 픽셀들이 비반사성인 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 안정영역 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 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 3을 -5볼트로 설정하고 수직열 1을 +5볼트로 설정함으로써, 수평열 3도 마찬가지의 방법으로 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, 상술한 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 전화기일 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 마이크(46)를 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 색깔이나 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 평판 디스플레이와, 해당 기술분야에서 당업자에게 잘 알려진 바와 같은, CRT나 다른 튜브 디스플레이 기기 등과 같은 비평판 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)와 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 신호를 고르게 하도록(예컨대, 신호를 필터링하도록) 구성될 수 있다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 스피커(45)와 마이크(46)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 전력을 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), (b), 또는 (g)를 포함하여 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 전처리한다. 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)를 수신기로 대체할 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 집적 회로(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.

전형적으로, 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 세트로 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. 그러한 예는 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, 마이크(46)는 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, 상술한 바와 같이, 전자 디스플레이 시스템 내의 여러 곳에 위치될 수 있는 드라이버 컨트롤러의 제어를 프로그래머블하게 구성할 수 있다. 어떤 경우에는, 어레이 드라이버(2022)의 제어를 프로그래머블하게 구성할 수도 있다. 해당 기술분야의 당업자라면 임의의 수의 하드웨어 및/또는 소프트웨어 구성요소로도 상술한 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 구조에 대한 5가지 상이한 실시예를 도시하고 있다. 도 7a는 도 1의 실시예의 단면도이며, 여기서 금속 재료(14)의 스트립은 수직으로 연장하는 지지체(18) 위에 증착되어 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 유연성 있는 금속을 포함하는 변형 가능한 층(34)으로부터 현수되어 있다. 변형 가능한 층(34)은 그 주위가 기판(20)에 직간접적으로 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 홀을 채움으로써 지지 포스트를 형성하지 않는다. 오히려, 상기 지지 포스트들은 평면화 재료(planarization material)로 형성되는데, 이 평탄화 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, 기판(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 기판(20)의 전면으로부터 이미지가 보이고 그 반대편에 간섭 변조기가 배열되어 있는 구조이다. 이러한 실시예에서, 변형 가능한 층(34) 및 버스 구조체(44)도 포함하여, 기판(20)의 반대편에 있는 반사층 쪽에서 반사층(14)은 간섭 변조기의 부분들을 광학적으로 차폐한다. 이에 의해, 차폐된 영역은 화질에 부정적인 영향을 주지 않으면서 구성되고 동작될 수 있다. 이러한 구별 가능한 변조기 아키텍처로 인해, 구조적 설계 및 변조기의 전자기적 관점과 광학적 관점에 사용되는 재료가 선택되고 서로 독립적으로 기능할 수 있다. 또한, 도 7c 내지 도 7e에 도시된 실시예들은, 반사층(14)의 광학적 특성을, 변형 가능한 층(34)에 의해 수행되는 그 기계적 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.

프로세스 제어 모니터

많은 미소 기전 시스템 제조 프로세스는 일련의 증착 단계 및 패터닝 단계로 이루어져 있다. 기판 위에 다양한 재료를 연속으로 증착하여 층을 형성한다. 증착 단계들 사이에서 재료를 에칭하는 패터닝은 그 증착된 재료를 구조적으로 맞추어 원하는 미소 기전 시스템 구조체를 달성한다. 미소 기전 시스템 제조에 대한 복수의 층 방식 및 소규모의 생성된 구조체는, 생성된 구조체 및 원하는 특성을 갖는 재료의 층들을 갖는지를 제조 프로세스가 평가하는 것을 시도하는데 문제가 있다. 따라서, 일실시예에서, 다양한 제조 프로세스의 결과를 평가하는데 사용하기 위해 프로세스 제조 모니터를 제공한다. 몇몇 실시예에서는, 미소 기전 시스템 기기를 제조하는데 사용된 것과 동일한 제조 단계 중 적어도 일부를 이용하여 프로세스 제조 모니터를 생성한다. 이때 이러한 프로세스 제조 모니터의 평가는 이러한 제조 단계들 동안 생성된 다양한 재료 및 구조체의 특성을 판단하는데 사용될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 상기 제조 동안 사용된 동일한 세트의 재료 증착 단계 및 패터닝 단계를 이용하여 프로세스 제어 모니터를 생성한다. 미소 기전 시스템 구조체에 적용되는 프로세스 제어 모니터에 다른 패턴을 적용하여 상기 프로세스 제어 모니터가 맞춰질 수 있다. 예를 들어, 증착된 전체 층을 에칭 단계 동안 에칭해 버리는 식으로 프로세스 제어 모니터를 패터닝함으로써, 미소 기전 시스템 구조체에 있는 하나의 재료층이 프로세스 제어 모니터에서 완전하게 없을 수 있다. 마찬가지로, 다른 실시예에서는, 미소 기전 시스템 구조체의 제조 동안 정상적으로 에칭된 재료층이 프로세스 제어 모니터에 남아 있을 수 있다.

몇몇 실시예에서는, 프로세스 제어 모니터로부터의 정보가 광학 수단을 통해 얻어진다. 예를 들어, 프로세스 제어 모니터로부터 반사된 광은 이 프로세스 제어 모니터에 있는 재료에 관한 정보를 포함한다. 당업자는 레이저 스캐닝이나, 광학 기구, 전자 기구, x-레이 현미경을 포함하는 현미경이나, 분광계와 같이 프로세스 제어 모니터를 평가하는 다른 방법을 이해할 것이다. 일실시예에서는, 광검출기를 이용하여 반사광을 검출하고 그 반사광의 강도를 얻는다. 이 정보는 프로세스 제어 모니터에서 재료의 반사율 및 투과율을 결정하는데 사용될 수 있다. 이러한 특성들은 또한 프로세스 제어 모니터에서 재료의 두께에 관한 정보를 제공한다. 예를 들어, 고유 반사 재료(inherently reflective material)로부터의 반사량은 그 두께의 측정을 제공한다. 일실시예에서는, Minolta® 반사율계를 사용한다. 다른 실시예에서는, 분광계를 사용하여 프로세스 제어 모니터로부터 반사된 광을 측정하여 그 반사광의 파장 의존성(wavelength dependence)을 얻는다. 이 파장 의존성은 프로세스 제어 모니터에서 재료의 흡수 특성에 관한 정보 및 그 재료의 굴절률을 제공할 수 있다. 또한, 미소 기전 시스템 기기는 흔히 반사 표면을 가까이에 포함하기 때문에, 반사광은 구성 및 파괴 간섭(constructive and destructive interference)을 겪게 된다(예를 들어, 미소 기전 시스템 기기는 하나 이상의 에탈론(etalon)을 포함한다). 그러므로, 상기 반사광의 파장 의존성은 미소 기전 시스템에서 반사 표면의 상대적 위치에 관한 정보를 제공할 수 있다. 일실시예에서, 에탈론으로부터 반사될 것으로 예측되는 모델 스펙트럼에 측정 스펙트럼을 맞춰서, 상기 에탈론의 깊이와 같은 특성을 결정한다. 몇몇 실시예에서는, 측색계(colorimeter)를 사용하여 프로세스 제어 모니터로부터 반사된 광의 컬러를 측정한다. 여기서 사용되는 바와 같이, "에탈론"이란, 광이 하나의 표면으로 진입한 다음 그 동일한 표면을 통해 재반사되기 전에 2개의 표면 사이에서 복수 회 반사되도록, 적어도 부분적으로 반사성으로 위치하는 2개의 표면을 일컫는다. 복수의 반사율을 다양한 파장에서 구성 및 파괴 간섭으로 유도하여 광학 파장을 필터링할 수 있다.

일실시예에서, 투명 기판을 사용하여 프로세스 제어 모니터를 지지하는데 사용한다. 이러한 기판은 적층 측면에 대향하는 측면으로부터 광학 검출을 가능하게 한다. 그러므로 일부의 경우, 낮게 적층된 재료를 조사하는데 그렇지 않으면 이 낮게 적층된 재료는 찾을 수 없다(예를 들어, 상부 층들은 고 반사 층을 포함한다). 다른 실시예에서는, 프로세스 제어 모니터를 재료 적층의 측면으로부터 광학적으로 조사한다.

일실시예에서, 도 8을 참조하면, 미소 기전 시스템 기기(108)가 형성되는 것과 동시에 동일한 기판(106) 위에 프로세스 제어 모니터(100, 102, 104)를 형성한다. 전술한 바와 같이, 동일한 재료 적층 및 패터닝 단계에 기판(106) 전부가 노출되지만, 프로세스 제어 모니터(100, 102, 104)를 형성하기 위해 다른 패턴이 적용될 수 있다. 예를 들어, 이때, 패터닝 단계 동안 프로세스 제어 모니터(100, 102, 104)에 적용되는 패턴은, 대응하는 패터닝 단계 동안 미소 기전 시스템 기기(108)에 적용된 패턴과는 다를 수 있다. 패터닝 단계들은 당 분야의 임의의 적절한 패터닝 기술을 포함한다. 임의 개수의 서로 다른 프로세스 제어 모니터(100, 102, 104)가 기판 위에 형성될 수 있다. 도 8에 도시된 집적 웨이퍼(110)에 의하면, 특정한 미소 기전 시스템 기기(108)의 제조 동안 적용된 프로세스들의 조사가 가능해진다. 그러므로 미소 기전 시스템 기기(108)가 전기적으로 테스트되기 전에 또는 패키지 기기로 일체화되기 전에 어떤 이례적인 결과를 신속히 확인할 수 있으며, 이에 의해 부가적인 비용을 회피할 수 있다. 몇몇 실시예에서는, 프로세스 제어 모니터(100, 102, 104)를 미소 기전 시스템 기기(108)의 제조 후에 조사할 수도 있다. 일실시예에서, 미소 기전 시스템 기기(108)는 디스플레이에서 사용하기에 적합한 간섭 변조기의 어레이로 구성된다. 몇몇 실시예에서, 기판(106) 위의 프로세스 제어 모니터에는 제조 동안 레이블(label)이 붙는다.

에탈론에 기반한 프로세스 제어 모니터

전술한 바와 같이, 몇몇 실시예에서, 프로세스 제어 모니터는 적어도 하나의 에탈론을 포함하도록 구성된다. 이때 에탈론으로부터 반사된 광의 스펙트럼을 검출하고 상기 프로세스 제어 모니터의 특성을 결정하기 위해 이에 따라 미소 기전 시스템 기기에서 유사한 구조체의 특성을 결정하기 위해 에탈론 모델에 적합시킨다. 몇몇 실시예에서, 프로세스 제어 모니터는 미소 기전 시스템 기기와 동일한 재료 적층에 의해 형성되고 이에 따라 미소 기전 시스템 기기에서 발견되는 재료층들 중 적어도 일부를 포함한다. 몇몇 실시예에서, 상기 프로세스 제어 모니터에서 발견되는 층의 개수는 미소 기전 시스템 기기에서 발견되는 수보다 작다.

에탈론에 기반한 프로세스 제어 모니터에 대한 일련의 예는 간섭 변조기에서 발견되는 모든 층보다 적은 수를 포함하되 그럼에도 에탈론은 포함하는 구조체이다. 도 9는 간섭 변조기의 제조 동안 적층될 수 있는 재료의 예를 도시하고 있다. 먼저, 인듐-주석-산화물(ITO)(154)의 층이 투명 기판(152) 위에 적층된다. 투명 기판인 ITO(154)는, 간섭 변조기의 이동가능한 미러와 전도성 플레이트 사이에 전압이 인가될 수 있도록 상기 전도성 플레이트를 제공한다. 일실시예에서, ITO는 약 500Å 두께이다. 다음, 크롬층(150)이 적층된다. 일실시예에서, 크롬층(150)은 부분 반사기로서 작용할 수 있도록 비교적 얇다(일실시예에서, 약 70Å). 대안적으로, 크롬층(150)은 기판(152) 위에 적층되고 뒤이어 ITO층(154)이 적층된다. 다음, 유전층(156/158)이 적층된다. 유전층은 하나 이상의 산화물로 구성된다. 몇몇 실시예에서, 산화층(156/158)은 복합층이 될 수 있다. 예를 들어, 비교적 두꺼운 SiO_2층(156)(일실시예에서, 약 450Å)을 적층하고 뒤이어 얇은 Al_2O_3(158)층을 적층하여(일실시예에서, 약 70Å) SiO_2(156)층을 보호한다. 몇몇 실시예에서는, 3 이상의 산화층을 사용할 수 있다(예를 들어, Al_2O_3-SiO_2-Al_2O_3). 산화층(156/158)은 이동가능한 미러와 크롬층(150) 사이에 절연층을 제공한다. 층의 두께는, 특히 활성 상태에 있을 때, 간섭 변조기의 간섭 특성을 결정한다. 다음 단계에서, 희생층(160)을 적층한다(일실시예에서, 약 2000Å). 상기 희생층은 다른 층에 영향을 미치지 않으면서 용이하게 에칭될 수 있는 공간 채움 재료(space filling material)을 제공한다. 일실시예에서, 상기 희생층(160)은 몰리브덴이다. 상기 희생층의 적절한 재료의 다른 예로는 폴리실리콘, 비정질 실리콘, 또는 포토레지스트를 들 수 있다. 마지막 제조 단계에서, 상기 희생층(160)을 에칭하여 상기 이동가능한 미러와 상기 산화층(156, 158) 사이에 에어 갭을 생성한다. 상기 희생층(160)을 패터닝하고 에칭하는 단계를 사용하여, 포스트의 형성을 위해 층에 홀 및 트렌치를 생성하고 상기 이동가능한 층을 지지하는 레일(rails)을 형성한다. 상기 홀을 채우고 포스트를 형성하기 위해 편평한 재료(162)를 사용한다. 마지막으로, 이동가능한 미러를 포함하는 기계적 멤브레인(164/166)을 형성한다. 일실시예에서, 상기 기계적 멤브레인(164/166)을 알루미늄 층(164)으로 형성하고(일실시예에서, 약 500Å), 뒤이어 니켈층(일실시예에서, 약 1450Å)(166)을 형성한다. 상기 니켈층의 상부에 추가의 알루미늄층을 추가하여 패터닝 동안 사용되는 포토레지스트가 더욱 우수하게 부착되게 한다. 도 9에 도시된 구조체에서 상기 희생층(160)을 에칭한 후, 도 7a에 도시된 것과 유사한 간섭 변조기를 얻는다. 몇몇 실시예에서는, 다른 층들을 추가하기 전에 투명 기판(152)에 어두운 마스크 층을 추가한다. 이 어두운 마스크 층을 패터닝하여 포스트 또는 레일과 같은 구조체의 일부로부터의 반사를 감소시킨다. 몇몇 실시예에서, 상기 어두운 마스크 층은 MoCr층 및 산화층을 포함한다. 당업자는 여기서 언급한 것 외에 간섭 변조기를 형성하는 데 사용될 수 있는 패터닝 및 에칭 단계를 이해할 것이다. 또한, 예를 들어 도 7b 내지 7e에 도시된 것과 같은, 간섭 변조기의 다른 구조체가 가능하다는 것도 이해할 것이다.

전술한 재료층의 일부를 포함하는 에탈론에 기반한 프로세스 제어 모니터의 예가 도 10 내지 도 10d에 도시되어 있다. 도 10a에 도시된 프로세스 제어 모니터는 기판(152) 위의 서로의 상부 위에 적층된, ITO층(154), 크롬층(150), 산화층(156/158), 및 기계적 멤브레인층(164/166)을 포함한다. 부분적 반사 크롬층(150) 및 반사 기계적 멤브레인(164/166)은 에탈론을 형성하며 이 에탈론의 반사율은 기판(152)의 하부 측면으로부터 측정된다. 이 에탈론으로부터 반사된 광의 스펙트럼 또는 그 컬러를 분석하는 것은 산화층(156/158)의 결합 두께 및 이것들의 굴절률 그리고 크롬층(150)의 두께 및 반사율의 표시를 제공한다. 이러한 구성은 간섭 변조기가 활성 상태에 있을 때 얻어진 이러한 것에 근사한다는 것을 이해할 수 있다(예를 들어, 미러가 산화층에 대항하여 붕괴된다). 그러므로 이러한 프로세스 제어 모니터를 평가하는 것은 상기 사용된 프로세스에 의해 생성된 간섭 변조기가 원하는 활성 스펙트럼 특성을 갖는지의 표시를 제공한다.

도 10b에 도시된 프로세스 제어 모니터는 ITO층(154), 크롬층(150), 산화층(156/158) 및 희생층(160)으로 구성된다. 전술한 바와 같이, 상기 희생층(160)은 본질적으로 반사성인 몰리브덴일 수 있다. 따라서, 부분적 반사 크롬층(150) 및 반사 희생층(160)에 이해 에탈론이 형성된다. 전술한 바와 같은 산화층(156/158) 및 활성 간섭 변조기를 제공하는 것 외에, 상기 프로세스 제어 모니터로부터의 반사율은 희생층(160)에 관한 정보를 제공할 수 있다. 예를 들어, 상기 희생층(160)으로부터의 반사율은 상기 희생층(160)의 두께에 의존한다. 몇몇 실시예에서는, 상기 희생층(160)은 에칭에 의해 제거되고, 나머지 ITO(154), 크롬층(150) 및 산화층(156/158)은 상기 희생층(160)이 나머지 층들 중 임의의 것과 상호작용했는지를 판단하기 위해 분석된다.

도 10c에 도시된 프로세스 제어 모니터는 ITO층(154), 크롬층(150), 산화층(156/158), 평면층(162), 및 기계적 멤브레인층(164/166)을 포함한다. 크롬층(150) 및 기계적 멤브레인층(164/166)에 의해 에탈론이 형성된다. 반사광의 스펙트럼을

분석하고 그 분석한 것을 도 10a의 프로세스 제조 모니터를 위해 얻어진 결과와 비교하면 상기 편평한 재료의 굴절률과 그 두께를 제공할 수 있다. 또한, 이러한 프로세스 제어 모니터로부터의 광학 응답(optical response)은 포스트 또는 레일이 있는 간섭 변조기 어레이의 영역들에 의한 것에 가까울 것이다.

도 10d에 도시된 프로세스 제어 모니터는 ITO층(154), 크롬층(150), 평면층(162), 및 기계적 멤브레인층(164/166)을 포함한다. 크롬층(150) 및 기계적 멤브레인층(164/166)에 의해 에탈론이 형성된다. 반사광의 스펙트럼을 분석하면, 평면 재료(162)의 굴절률뿐만 아니라 평면 재료(162)의 두께도 제공할 수 있다. 도 10d의 프로세스 제어 모니터와 비교하면 산화층(156/158)에 관한 정보(예를 들어, 굴절률 및 두께)를 제공할 수 있다.

전술한 에탈론에 기반한 프로세스 제어 모니터가 간섭 변조기를 제조하는 데 사용된 것과 동일한 적층 및 패터닝 단계에 의해 형성되면, 예를 들어 간섭 변조기 어레이(108)와 동일한 기판(106) 위에 형성될 때(도 8 참조), 프로세스 제어 모니터에서 원하지 않는 층들이 에칭되도록 근사의 패터닝 단계가 적용될 수 있다. 예를 들어, 도 10a에 도시된 프로세스 제어 모니터에서, 제조 동안 적층된 희생층(160) 및 평면 재료(162)가 에칭되어 버린다. 몇몇 실시예에서는, 프로세스 동안 층들이 에칭되어 버리는 것을 방지하기 위해 프로세스 제어 모니터의 영역을 보호하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 프로세스 제어 모니터가 희생층(160)을 포함하는 것이 바람직하다면, 프로세스 제어 모니터의 에지 상에 남아서 해방 에칭 동안 희생층(160)을 보호하도록, 기계적 멤브레인(164/166)으로부터 적층된 평면 재료 또는 재료를 패터닝할 수 있다.

프로세스 제어 모니터의 광학 특성이 미소 기전 시스템 기기의 제조 동안 형성된 대응하는 재료에 관한 정보를 제공하는, 프로세스 제어 모니터에서의 적층된 층의 많은 다른 조합을 당업자는 이해할 수 있을 것이다.

비에탈론에 기반한 프로세스 제어 모니터

몇몇 실시예에서는, 에탈론을 형성하는 2개의 반사 표면을 포함하지 않는 프로세스 제어 모니터를 구성한다. 이러한 프로세스 제어 모니터에서는, 반사율 및/또는 투과율 측정을 통해 모니터에서의 재료에 관한 정보를 얻을 수 있다. 이러한 반사율 및/또는 투과율 값은 막 두께와 상관될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 프로세스 제어 모니터는 미소 기전 시스템 기기와 동일한 재료 적층 단계에 의해 형성되고 이에 따라 미소 기전 시스템 기기에서 발견되는 재료층들 중 적어도 일부를 포함한다. 몇몇 실시예에서는, 프로세스 제어 모니터에서 발견되는 층들의 수가 미소 기전 시스템 기기에서 발견되는 수보다 작다. 이러한 구조체의 반사율 및/또는 투과율 특성은 프로세스 제어 모니터 구조체에 포함된 소자의 프로세스 동안 발생하는 임의의 에러를 확인하는 데 도움을 준다. 이러한 프로세스 제어 모니터 구조체는 반사율계(reflectometer), 광검출기(photodetector), 분광계(spectrometer) 또는 측색계(colomimeter)와 같은 적절한 검출기를 사용하여 평가될 수 있다. 일실시예에서, 구면 적분기(spherical integrator) 또는 반사율계를 사용하여 막의 반사율을 측정한다. 이러한 프로세스 제어 모니터에 의해 미소 기전 시스템 구조체에서의 개별적인 구성요소의 프로세스를 모니터링하여 에러를 판단하고 제조 프로세스를 최적화할 수 있다.

도 11a 내지 도 11g는 도 9에 도시된 것과 같은 간섭 변조기의 제조 동안 적층된 모든 재료층보다 적게 포함하는, 비에탈론 기반의 프로세스 제어 모니터에 대한 한 세트의 예를 도시한다. 도 11a에서의 프로세스 제어 모니터는 ITO층(154) 및 기판 위에 적층된 크롬층(150)으로 구성된다. 이러한 프로세스 제어 모니터의 반사율은 크롬층(150)의 두께 및 ITO층(154)의 투명성에 대한 표시를 제공한다. 크롬층(150)이 간섭 변조기에서 부분 반사 미러로서 작동하도록 하기 위해, 부분 반사기를 구성하는 막은 매우 얇다. 예를 들어, 상기 막은 약 70Å의 두께를 갖는다. 이러한 얇은 막의 두께는 측정하기도 확인하기도 어렵다. 그러므로 일실시예에서는, 도 11a의 프로세스 제어 모니터에서 층의 반사율을 측정함으로써 크롬층(150)의 두께를 결정한다. 막의 두께가 증가할수록 반사율도 그렇게 될 것이다. 그러므로 소정의 재료에 대한 측정된 반사율로 막 두께를 정확하게 조정함으로써, 측정된 반사율로부터 두께를 용이하게 결정할 수 있다. 도 11a의 프로세스 제어 모니터의 광학 특성 역시, 기계적 멤브레인 및 산화층이 제거된 수직열들 사이의 간섭 변조기 어레이에서 관찰된 광학 특성에 가깝다. 따라서, 이러한 프로세스 제어 모니터를 사용하여, 수직열간 특성이 어레이를 디스플레이로서 사용하는 데 받아들일 만한 것일지를 판단할 수 있다.

다른 실시예에서는, 기판(152) 위의 크롬층(150)만을 포함하는 프로세스 제어 모니터를 사용하여 크롬층(150)의 반사율을 결정하고 이에 따라 두께도 결정할 수 있다. 이러한 프로세스 제어 모니터의 측정은 도 11a에 도시된 프로세스 제어 모니터에서 얻어진 것과 비교되어 ITO층(154)의 광학 특성을 결정할 수 있다. 예를 들어, ITO층(154)의 표면으로부터의 반사율은 2개의 프로세스 제어 모니터로부터의 반사율의 비율에 비례한다. 몇몇 실시예에서는, 간섭 변조기에 대한 프로세스 조건이 크롬만의 층(chrome-only layer)을 생성하는데 사용될 수 없는 경우, 간섭 변조기를 제조하는 데 사용된 것과는 별개로 크롬만의 프로세스 제어 모니터를 웨이퍼 상에 제조할 수 있다.

도 11b는 ITO층(154), 크롬층(150), 산화층(156/158)으로 이루어진 비에탈론에 기반한 프로세스 제어 모니터 구조체의 다른 실시예를 도시한다. 이 구조체를 사용하여 ITO-크롬-산화물 조합의 광학 특성을 측정할 수 있다. 예를 들어, 프로세스 제어 모니터를 통해 투과율을 측정하면 ITO층(154), 크롬층(150), 및 산화층(156/158)에 의해 생기는 조합 감쇠를 얻을 수 있다. 이러한 프로세스 제어 모니터 구조체의 측정치와 도 11a에서의 프로세스 제어 모니터의 측정치와의 비교를 사용하여 산화층(156/158)이 광학 특성을 분리할 수 있다. 산화층(156/158)의 광학 특성에 관한 정보를 제공하는 것 외에, 상기 비교는 산화층(156/158)의 두께를 결정하는데도 사용될 수 있다(예를 들어, 낮은 투과율은 두꺼운 산화층(156/158)을 나타낸다). 도 11b의 프로세스 제어 모니터의 광학 특성 역시, 기계적 멤브레인에서의 에칭 해방 홀의 영역의 간섭 변조기 어레이에서 관찰되는 것들에 근사한다.

도 11c는 기계적 멤브레인 층(164/166)으로 구성되는 프로세스 제어 모니터 구조체의 다른 실시예를 도시한다. 이 프로세스 제어 모니터를 사용하여 기계적 멤브레인 층(164/166)의 반사 특성을 분리하고 측정할 수 있다.

도 11d는 기판(152) 위에 적층된 희생층(160)만으로 구성되는 프로세스 제어 모니터 구조체의 또 다른 실시예를 도시한다. 이 프로세스 제어 모니터를 사용하여 그 두께를 포함한, 희생층(160)만의 특징을 측정할 수 있다. 이 프로세스 제어 모니터는 임의의 해방 에칭 전에 분석될 수 있다. 대안으로 해방 에칭 동안 희생층을 보호하기 위해 희생층 위에 보호 재료층을 적층할 수 있다.

도 11e는 산화층(156/158), 평면 재료(162) 및 기계적 멤브레인 층(164/166)을 갖는 프로세스 제어 모니터의 다른 실시예를 도시한다. 이러한 프로세스 제어 모니터로부터의 반사율은 ITO(154) 및 크롬층(158)에서의 절단(cut)이 이루어진 수평열들 사이의 간섭 변조기 어레이에서 관찰된 것에 근사한다.

도 11f는 ITO층(154), 크롬층(150), 및 기계적 멤브레인 층(164/166)을 갖는 프로세스 제어 모니터의 실시예를 도시한다. 크롬층(150) 및 기계적 멤브레인 층(164/166)은 함께 반사기로서 작용할 것이기 때문에, 이러한 프로세스 제어 모니터로부터의 반사율은 ITO층(154)의 투명성, 두께, 및 굴절률에 관한 정보를 제공할 수 있다. 또한, 크롬층(150)이 광학 특성을 분리하기 위해, 이러한 프로세스 제어 모니터로부터의 반사율을, 도 11a에서의 반사율과 비교할 수 있다. 환언하면, 이 프로세스 제어 모니터를 테스트한 결과를 사용하여 도 11a의 프로세스 제어 모니터에서의 ITO층(154)의 광학 효과를 공제할 수 있다.

도 11g는 산화층(156/158) 및 기계적 멤브레인 층(164/166)을 포함하는 프로세스 제어 모니터의 또 다른 실시예를 도시한다. 기계적 멤브레인 층(164/166)은 강력한 반사기로서 작용하기 때문에, 이 프로세스 제어 모니터는 산화층(156/158)의 투명성, 두께, 및 굴절률을 결정하는데 사용될 수 있다.

에탈론에 기반한 프로세스 제어 모니터에 관해서는, 전술한 비에탈론에 기반한 프로세스 제어 모니터를, 간섭 변조기를 제조하는 데 사용된 것과 동일한 적층 및 패터닝 단계에 의해 형성할 수 있다. 프로세스 제어 모니터에서 원하지 않는 층들은 에칭되어 버리도록 유산한 패터닝을 적용할 수 있다. 또한, 에칭에 대한 적절한 보호도 적용될 수 있다.

프로세스 제어 모니터의 광학 특성이 미소 기전 시스템 기기의 제조 동안 형성된 대응하는 재료에 관한 정보를 제공하는, 프로세스 제어 모니터에서 적층된 층들에 대한 많은 다른 조합을 당업자는 이해할 수 있을 것이다.

<u>해방 에칭 프로세스 제어 모니터</u>

미소 기전 시스템 제조 동안 해방 에칭 프로세스의 속도 및 범위를 해방 에칭 또는 공간 프로세스 제어 모니터를 사용하여 모니터링할 수 있다. 도 12는 간섭 변조기 어레이(202) 및 일련의 프로세스 제어 모니터(204, 206, 208)를 포함하는 웨이퍼(200)를 도시한다. 간섭 변조기 어레이(202)는 기계적 멤브레인을 지지하기 위해 다수의 포스트(210) 및 레일(212)을 포함한다. 해방 에칭 동안 에칭제가 희생층에 도달할 수 있도록 기계적 멤브레인에 일련의 에칭 홀(214)을 형성한다. 성공적인 제조를 위해서는, 상기 희생층을 어레이 영역으로부터 완전히 제거해야만 한다. 따라서, 일실시예에서, 프로세스 제어 모니터를 제공하여 해방 에칭의 속도 및 범위를 모니터링한다.

그러한 프로세스 제어 모니터 하나가 프로세스 제어 모니터(206)에 도시되어 있다. 이 프로세스 제어 모니터(206)는 어레이(202)에 제공된 것과 동일한 간섭 변조기 구조체로 이루어지지만, 단일의 층(216)만이 기계적 멤브레인에 패터닝된다. 홀(216)과 프로세스 제어 모니터(206)의 에지 사이의 거리는 홀(214)과 간섭 변조기(202) 사이의 거리보다 크다. 프로세스 제어 모니터(206)는 복수의 홀(214)과는 반대로 단일의 홀(216)만을 포함하기 때문에, 해방 에칭제가 어레이(202)의 전체 희생층을 제거하는 데 걸리는 시간 정도에서 희생층의 전부가 프로세스 제어 모니터(206)로부터 제거될 수는 없다.

프로세스 제어 모니터(206)에서의 에칭이 진행될 때, 프로세스 측면과 대향하는 기판의 측면에서 보아, 희생층이 제거된 프로세스 제어 모니터의 영역은 에칭제가 아직 도달하지 않은 영역과 컬러 면에서 대대비될 것이다. 반사 희생층(예를 들어, 몰리브덴)이 사용되는 경우, 이러한 콘트라스트는 형성된 에탈론이 서로 다르기 때문이다. 희생층이 여전히 있는 경우, 크롬층과 반사 희생층 사이에는 에탈론이 형성될 것이다. 희생층이 제거되었다면, 에탈론은 크롬층과 반사 기계적 멤브레인 사이에 형성된다. 그러므로 희생층이 제거된 곳에서 관찰되는 컬러는 비활성 간섭 변조기의 컬러에 근사할 것이고(예를 들어, 밝은 상태) 반면에서 희생층이 남아 있는 곳에서 관찰되는 컬러는 활성 간섭 변조기의 컬러에 근사할 것이다(예를 들어, 어두운 상태). 홀(216)의 중심으로부터 컬러 변화의 경계까지의 거리(예를 들어, 반경)는 에칭의 범위에 대한 측정을 제공한다. 이 프로세스 제어 모니터를 사용하여 프로세스 자체(즉, 인시투(in-situ)) 동안 또는 그 완료 후에 에칭의 속도 및 범위를 측정할 수 있다.

유사한 에칭-해방 프로세스 제어 모니터를 프로세스 제어 모니터(208)로 도시한다. 이 프로세스 제어 모니터에서는, 기계적 멤브레인에 복수의 홀(218)이 형성되지만, 각 홀(218) 사이의 거리는 간섭 변조기 어레이(202)에서의 홀들(214) 사이의 거리보다 크다. 그러므로 프로세스 제어 모니터(208)에서의 에칭은, 전체 희생층이 간섭 변조기 어레이(202)로부터 제거된 후, 불완전하게 될 것이다. 에칭의 범위를 나타내는 거리는 프로세스 제어 모니터(208)에서 각각의 홀(218)의 중심으로부터 측정될 수 있다.

전술한 바와 같은 에칭-해방 프로세스 제어 모니터는 임의의 적절한 형상을 취할 수 있다. 예를 들어, 간섭 변조기에서 발견된 것과 유사한 구조체 대신에, 프로세스 제어 모니터는 도 13a에 도시된 바와 같이, 기계적 멤브레인 내의 하나 이상의 홀(252)을 갖는 스트립 형상(250)으로 구성된다. 그런 다음 상기 스트립(250)을 따르는 홀(252)로부터 에칭이 수행된 곳까지의 선형 거리를 판단함으로써 에칭의 범위를 측정할 수 있다. 도 13b에 도시된 다른 실시예에서는, 원형의 형상을 갖는 홀 대신에, 사각형 슬롯(254)의 형상을 갖는 홀이 스트립(250)에 형성된다. 몇몇 실시예에서는, 가변의 폭(예를 들어, 3㎛, 4㎛, 5㎛)을 갖는 복수의 슬롯(254)이 배치된다.

몇몇 실시예에서, 해방 에칭제가 프로세스 제어 모니터의 에지로부터 희생층에 도달하는 것을 방지하기 위한 실(seal)을 배치하기 위해 프로세스 제어 모니터의 에지 주위를 평탄화 또는 다른 보호 물질로 패터닝할 수 있다. 따라서, 희생층은 에칭 해방 홀에 진입하는 에칭제에 의해서 제거될 뿐이다. 몇몇 실시예에서, 에칭 해방 프로세스 제어 모니터에서의 기계적 멤브레인은 ITO/크롬층에 대해 전기적으로 단락될 수 있다.

프로세스 제어 모니터를 가시적으로 관찰하거나 프로세스 제어 모니터를 CCD 카메라를 사용하여 전기적으로 촬영한 다음, 측정이 자동화되도록 그 이미지를 컴퓨터로 분석함으로써, 전술한 프로세스 제어 모니터를 사용하여 에칭의 범위를 측정할 수 있다. 몇몇 실시예에서는, 프로세스 제어 모니터 내의 포스트들을 에칭의 범위를 결정하기 위한 버니어(vernier)로서 사용할 수 있다. 예를 들어, 포스트들을 서로 공지의 거리를 두고 프로세스 제어 모니터에 형성한다. 이때 홀의 중심으로부터 한 라인을 따르는 포스트의 수는 상기 거리에 근사하게 하는데 사용될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 간섭 변조기에 형성된 것보다 더 고밀도의 포스트를 사용하여 측정을 더 정확하게 할 수 있다. 당업자는 에칭의 범위를 측정하는 데 사용될 수 있는 많은 다른 형상 및 구조체를 이해할 수 있을 것이다.

간섭 변조기 프로세스 제어 모니터

일실시예에서는, 안정성이 향상된 간섭 변조기로 이루어진 프로세스 제어 모니터를 사용하여 간섭 변조기의 간섭 특성(예를 들어, 반사광의 스펙트럼)을 결정한다. 이러한 프로세스 제어 모니터는, 기계적 멤브레인이 이동에 저항하고 이에 따라 정적 에탈론을 형성하는 위치에 고정되도록 구성된다. 일실시예에서는, 이러한 프로세스 제어 모니터를, 희생층 대신에 실질적으로 투명한 유전층(예를 들어, 산화층)을 사용하여 형성한다. 그러므로 반사 기계적 멤브레인은 절연층에 대항해서 설치되어 고정 위치에 있게 된다. 이러한 프로세스 제어 모니터는, 통상적인 간섭 변조기 제조 동안 적층되는 것보다 더 두꺼운 산화층이 적층될 수 있도록, 디스플레이 간섭 변조기 어레이와는 별도로 이롭게 제조된다.

다른 실시예에서는, 디스플레이 간섭 변조기 어레이와 동일한 재료 적층에 의해 제조될 수 있는 프로세스 제어 모니터를 형성한다. 예를 들어, 도 12에 도시된 바와 같이, 간섭 변조기 어레이(202)에서 발견되는 것보다 더 고밀도의 포스트들(220)을 포함하는 프로세스 제어 모니터(204)를 구성할 수 있다. 상기 고밀도 포스트들(220)은 이 고밀도 포스트들이 지지하는 기계적 멤브레인에 대해 위치 안정성을 향상시킨다. 따라서, 전위(예를 들어, 10볼트, 15볼트 또는 20볼트 미만)를 인가하더라도, 프로세스 제어 모니터(204) 내의 기계적 멤브레인은 ITO 쪽으로 이동하여 있게 되고 이에 의해 동일한 광 스펙트럼을 반사한다. 여기서 사용되는 바와 같이, "포스트"는, 기계적 멤브레인을 지지하는 데 사용될 수 있는 어떠한 간헐적인 구조체를 의미한다. 따라서, "포스트"는 본질적으로 수직 선형 구조체로 구성되는 "포인트" 구조체를 포함하는 것이다. 또한, "포스트"는 레일로 알려진 바와 같이, 본질적으로 수직 재료의 스트립으로 구성되는 구조체를 포함하는 것이다.

전술한 바와 같이, 안정한 기계적 멤브레인을 갖는 프로세스 제어 모니터를 사용하여, 원하는 광 스펙트럼을 반사하는 간섭 변조기를 생성하기 위한 제조를 최적화할 수 있다. 또한, 이러한 프로세스 제어 모니터는 제조 프로세스의 성공에 대한 신속한 검사를 제공한다. 몇몇 실시예에서, 제조 프로세스에 의해 서로 다른 컬러를 반사하는 간섭 변조기의 어레이가 생성되는 경우(예를 들어, 다색 디스플레이에서 사용하기 위해), 전술한 바와 같은 복수의 프로세스 제어 모니터들이 사용될 수 있으며, 각각의 프로세스 제어 모니터는 대응하는 컬러를 반사한다. 대안으로, 서로 다른 영역을 가지는 단일의 프로세스 제어 모니터를 형성할 수 있으며, 각각의 영역은 다른 영역들과는 달리 서로 다른 높이를 갖는 포스트들을 갖는다. 그러므로 각각의 영역은 서로 다른 컬러 광을 반사한다.

두께 프로세스 제어 모니터

또 다른 타입의 프로세트 제어 모니터를 사용하여, 프로세스 동안 적층된 각각의 층의 두께를 측정할 수 있다. 일실시예에서, 기판으로부터 프로세스 제어 모니터의 상부로 단일의 단차(single step)가 형성되도록 두께 프로세스 제어 모니터를 제조한다. 그러므로 단일의 단차의 단차 높이는 그 단차의 위치에서 프로세스 제어 모니터의 모든 층들의 조합된 두께에 해당한다. 적층된 층들의 비제한적인 예로는 ITO 및 크롬층, 산화층들, 희생층, 상기 희생층 위의 평탄화층, 상기 산화층들 위의 기계적 멤브레인 층, 및 상기 산화층들 위의 상기 희생층 위의 기계적 멤브레인 층을 들 수 있다.

다른 실시예에서는, 계단 패턴 프로파일(stair-step pattern profile)이 형성되도록 복수의 층 프로세스 제어 모니터를 형성한다. 단차 높이는 하나 이상의 적층된 층의 두께에 상응한다. 예를 들어, 그 결과적인 프로세스 제어 모니터는 도 14의 구조체와 유사한 구조체를 갖는다. 도 14의 프로세스 제어 모니터는 도 9에 도시된 것과 같이, 간섭 변조기의 제조 동안 적층된 각각의 층을 포함한다. 프로세스 제어 모니터는 ITO층(154), 크롬층(150), 산화층들(156/158), 희생층, 평면 재료(162), 및 기계적 멤브레인(164/166)의 두께에 상응하는 단차를 제공한다. 각 단차의 두께는, 개별의 프로세스 제어 모니터에서의 각각의 층을 측정하는 것이 아닌, 적절한 두께 측정 기술의 단일의 스위프(sweep)로 측정될 수 있다. 비제한적인 실시예에서, KLA-Tencor사로부터 입수할 수 있는, 스타일러스에 기반한 표면 측정기(stylus-based surface profiler)(예를 들어, 외형 분석기(profilometer))는, 이 스타일러스의 단일의 스위프에 의해 단차 높이를 측정하고 특정한 간섭 변조기 제조 실행에서 적층된 각 층의 두께를 신속히 결정하는 데 사용될 수 있다. 계단 패턴은 외형 분석기를 사용할 때 직면하게 되는 자연 바운스(natural bounce)를 감소시키며 이에 의해 각 층에 대한 개별적인 스위핑에 비해 정확성을 높인다. 당업자는 다단계 패턴에서 층들에 대한 임의의 조합이 사용될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 간섭 변조기의 제조 동안 적층된 모든 층들이 포함될 필요가 없다.

두께 프로세스 제어 모니터에 대한 다른 실시예가 도 15에 도시되어 있다. 이 프로세스 제어 모니터도 계단 프로파일을 가지지만, 형성된 계단 패턴은 높이가 단조롭게 증가하지는 않는다. 이러한 패턴의 한 가지 이점은 몇몇 간섭 변조기에 제공된 실제 두께에 더욱 밀접하게 대응하도록 단차 높이를 형성할 수 있다는 점이다. 전술한 층 외에, 도 15의 프로세스 제어 모니터도 어두운 마스크 층(275)을 포함한다. 포스트 및 레일과 같은 일부의 정적 구조체로부터의 반사를 금지하기 위해 간섭 변조기에 어두운 마스크 층(275)을 사용할 수 있다. 이러한 실시예에서는, 추가의 산화층(277)을 어두운 마스크 층(275) 위에 적층할 수 있다.

도 15의 단차(300)는 산화층들(277, 156, 158)의 모든 층과 어두운 마스크(275)로 이루어진 조합 두께에 대응한다. 이 단차는 단차(302)와 비교되어 어두운 마스크(275)의 두께를 결정할 수 있다. 단차(304)의 절대 높이는 산화층들(277, 156, 158), ITO층(154) 및 크롬층(150)의 조합 두께를 제공한다. 단차(302)와의 비교는 조합된 ITO층(154) 및 크롬층(150)의 두께를 제공한다. 단차(306)는 ITO층(154) 및 크롬층(150)의 상부 위에 적층된 산화층들(156/158)의 두께를 제공한다. 단차(308)는 기계적 멤브레인(164/166)의 두께에 대응한다. 단차(308)의 절대 높이는 또한 간섭 변조기가 활성 상태에 있고 기계적 멤브레인(164/166)이 산화층(158)의 상부에 붕괴될 때 재료의 조합 두께에 근사하게 된다. 단차(310)는 기계적 멤브레인(164/166) 및 평면 재료(162)의 조합 두께에 대응한다. 단차(308)와의 비교를 사용하여 평면 재료(162)의 두께를 결정할 수 있다. 단차(312)는 희생층(160)의 두께에 대응한다. 마지막으로, 단차(314)는 평면 두께(312)의 두께에 대응한다. 단차(314)의 절대 높이는 또한 간섭 변조기가 비활성 상태에 있을 때 기계적 멤브레인(164/166)의 위치에 대응한다.

몇몇 실시예에서는, 다색의 간섭 변조기 디스플레이를 형성한다. 이러한 다색 디스플레이 하나는 서로 다른 컬러를 반사하기 위해 서로 다른 갭 깊이를 갖는 간섭 변조기를 사용한다. 예를 들어, 주로 적색, 녹색, 청색을 반사하도록 구성된 3개의 서로 다른 갭 깊이를 갖는 간섭 변조기를 사용할 수 있다. 이러한 다색 디스플레이를 형성하는 한 가지 방법은 평면 재료 및 기계적 멤브레인 층의 적층 전에 3개의 희생층을 적층하고 패터닝하는 것이다. 희생층의 패터닝은, 하나의 층은 한 세트의 간섭 변조기를 위해 남겨 두고, 2개 층은 다른 세트의 간섭 변조기를 남겨 두고, 3개 층은 마지막 세트의 간섭 변조기를 남겨 두도록 할 수 있다. 기계적 멤브레인의 적층 및 해방 에칭 후, 하나의 희생층이 형성된 곳에는 작은 갭 깊이를 형성

하고, 2개의 희생층이 형성된 곳에는 중간 갭 깊이를 형성하며, 3개의 희생층이 형성된 곳에는 큰 갭 깊이를 형성한다. 도 16은 이러한 3개 희생층 프로세스를 사용하는 동안 형성된 층 두께들을 측정하는 데 사용될 수 있는 두께 프로세스 제어 모니터를 도시한다. 희생층(160) 외에, 희생층(279 및 281) 역시 형성된다. 당업자는 희생층(160, 279, 281)이 순차적으로 적층되거나 리프트오프(liftoff) 또는 에칭 백(etch back) 기술을 사용하는 경우에는 다른 순서로 적층될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 단차(350)는 산화층들(277, 156, 158) 모두와 어두운 마스크(275)의 조합 두께에 대응한다. 이 단차는 단차(352)와 비교되어 어두운 마스크(275)의 두께를 결정할 수 있다. 단차(354)의 절대 높이는 산화층들(277, 156, 158), ITO층(154) 및 크롬층(150)의 조합 두께를 제공한다. 단차(352)와의 비교는 조합된 ITO층(154)과 크롬층(150)의 두께를 제공한다. 단차(356)와 단차(354)의 비교는 ITO층(154)과 크롬층(150)의 상부에 적층되는 산화층들(156/158)의 두께를 제공한다. 단차(358)는 기계적 멤브레인(164/166)의 두께에 대응한다. 단차(358)의 절대 높이는 또한 간섭 변조기가 활성 상태에 있고 기계적 멤브레인(164/166)이 산화층(158)의 상부에 붕괴될 때 재료의 조합된 두께들에 근사한다. 단차(360)는 기계적 멤브레인(164/166)과 평면 재료(162)의 조합 두께에 대응한다. 단차(358)와의 비교는 평면 재료(162)의 두께를 결정하는 데 사용될 수 있다.

단차(362)는 기계적 멤브레인(164/166)과 단일의 희생층(160)의 조합 두께에 대응한다. 단차(362)와 단차(358)의 비교는 희생층(160)의 두께를 제공한다. 단차(362)의 절대 높이는 또한 가장 작은 갭 깊이를 갖는 간섭 변조기가 비활성 상태에 있을 때 기계적 멤브레인(164/166)의 위치에 대응한다. 단차(364)의 절대 높이는 상기 가장 작은 갭 깊이를 갖는 2개의 간섭 변조기 사이에 있는 하나의 포스트에 걸친 간섭 변조기 어레이의 조합 높이에 대응한다. 단차(364)와 단차(358)의 비교는 상기 포스트의 높이를 제공한다. 유사한 방식으로, 단차(366)는 기계적 멤브레인(164/166)과 제1 희생층(160)과 제2 희생층(279)의 조합 두께에 대응한다. 단차(366)와 단차(362)의 비교는 제2 희생층(279)의 두께를 제공한다. 단차(366)의 절대 높이는 또한 중간 갭 깊이를 갖는 간섭 변조기가 비활성 상태에 있을 때 기계적 멤브레인(164/166)의 위치에 대응한다. 단차(368)의 절대 높이는 중간 갭 깊이를 갖는 2개의 간섭 변조기 사이에 있는 하나의 포스트에 걸친 간섭 변조기 어레이의 조합 높이에 대응한다. 단차(368)와 단차(358)의 비교는 상기 포스트의 높이를 제공한다. 단차(370)는 기계적 멤브레인(164/166)과, 제1 희생층(160)과, 제2 희생층(279)과, 제3 희생층(281)의 조합 두께에 대응한다. 단차(370)와 단차(366)의 비교는 제3 희생층(281)의 두께를 제공한다. 단차(370)의 절대 높이는 또한 가장 큰 갭 깊이를 갖는 간섭 변조기가 비활성 상태에 있을 때 기계적 멤브레인(164/166)의 위치에 대응한다. 단차(372)의 절대 높이는 상기 가장 큰 갭 깊이를 갖는 2개의 간섭 변조기 사이에 있는 하나의 포스트에 걸친 간섭 변조기 어레이의 조합 높이에 대응한다. 단차(372)와 단차(358)의 비교는 상기 포스트의 높이를 제공한다.

도 16의 프로세스 제어 모니터는 특정한 간섭 변조기 제조 프로세스에 의해 생성된 갭 깊이에 대한 정확한 측정을 제공한다. 중간 갭 깊이 간섭 변조기 및 큰 갭 깊이 간섭 변조기에 대응하는 희생층들의 누적 높이를 측정하면 상기 희생층들의 개별적인 두께를 측정하여 얻어지는 갭 깊이의 표시보다 더 정확한 갭 깊이 표시를 얻을 수 있다. 3개의 층을 개별적으로 측정한 경우, 두께들을 서로 합하여 전체 갭 깊이를 얻을 때 각 층의 두께의 국부 변동이 복잡하게 될 것이다. 대조적으로, 도 16의 프로세스 제어 모니터는 희생층들의 조합 두께들의 단일의 측정치를 제공하여, 각각의 개별의 희생층에서의 국부 변동에 의해 생기는 에러를 감소한다.

도 15 및 도 16의 실시예에서는, 기계적 멤브레인(164/166)을 사용하여 해방 에칭 동안 프로세스 제어 모니터에서의 희생층(160)을 보호한다. 따라서, 몇몇 실시예에서, 두께 프로세스 제어 모니터는 해방 에칭 후에 평가될 수 있다. 몇몇 다른 실시예에서는, 두께 프로세스 제어 모니터가 해방 에칭 전에 평가될 수 있다. 그 결과가 하나의 층 두께에서 어떤 문제를 나타내면, 해방 에칭 전에 웨이퍼를 폐기함으로써 시간과 비용을 절약할 수 있다.

당업자는 많은 다른 계단 패턴 프로세스 제어 모니터를 생성할 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 또한, 미소 기전 시스템 기기의 모든 수보다 적은 수를 포함하는 두께 프로세스 제어 모니터를 구성할 수 있다는 것도 이해할 수 있을 것이다.

본 발명을 실시예 및 예를 참조하여 서술하였으나, 본 발명의 정신을 벗어남이 없이 많은 다양한 변형이 이루어질 수 있음은 물론이다. 따라서, 본 발명은 이하의 청구의 범위에 의해서만 제한된다.

발명의 효과

본 발명에 의하면, 프로세스 제어 모니터에 대한 분석으로 미소 기전 시스템 기기의 특성 및 미소 기전 시스템 기기의 구성요소 또는 하부 구성요소에 관한 정보를 제공할 수 있고, 이 정보를 사용하여 프로세스 중의 에러를 확인할 수 있거나 미소 기전 시스템 기기(108)를 최적화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 제1 간섭 변조기의 이동가능한 반사층이 해방 위치에 있고, 제2 간섭 변조기의 이동가능한 반사층은 작동 위치에 있는, 간섭 변조기 디스플레이의 일실시예의 일부를 도시한 등각투영도이다.

도 2는 3x3 간섭 변조기 디스플레이를 포함하는 전자 기기의 일실시예를 나타낸 시스템 블록도이다.

도 3은 도 1의 간섭 변조기의 일실시예에서, 인가된 전압에 대응한 이동가능한 미러의 위치를 나타낸 도면이다.

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

도 5a는 도 2의 3x3 간섭 변조기 디스플레이에서의 디스플레이 데이터에 대한 예시적인 프레임을 나타내는 도면이다.

도 5b는 도 5a의 프레임을 기록하는데 사용될 수 있는 수평열 신호와 수직열 신호에 대한 예시적인 시간선도이다.

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

도 7a는 도 1의 기기의 단면도이다.

도 7b는 간섭 변조기의 다른 실시예의 단면도이다.

도 7c는 간섭 변조기의 또 다른 실시예의 단면도이다.

도 7d는 간섭 변조기의 또 다른 실시예의 단면도이다.

도 7e는 간섭 변조기의 추가의 다른 실시예의 단면도이다.

도 8은 미소 기전 시스템 구조체 및 복수의 프로세스 제어 모니터를 포함하는 웨이퍼의 상부를 나타내는 도면이다.

도 9는 간섭 변조기의 제조 동안 적층된 층들의 단면도이다.

도 10a는 도 9의 간섭 변조기를 제조하는 데 사용된 프로세스를 모니터링할 때 사용하기 위한 에탈론 기반의 프로세스 제어 모니터에서의 층들의 단면도이다.

도 10b는 도 9의 간섭 변조기를 제조하는 데 사용된 프로세스를 모니터링할 때 사용하기 위한 다른 에탈론 기반의 프로세스 제어 모니터에서의 층들의 단면도이다.

도 10c는 도 9의 간섭 변조기를 제조하는 데 사용된 프로세스를 모니터링할 때 사용하기 위한 다른 에탈론 기반의 프로세스 제어 모니터에서의 층들의 단면도이다.

도 10d는 도 9의 간섭 변조기를 제조하는 데 사용된 프로세스를 모니터링할 때 사용하기 위한 다른 에탈론 기반의 프로세스 제어 모니터에서의 층들의 단면도이다.

도 11a는 도 9의 간섭 변조기를 제조하는 데 사용된 프로세스를 모니터링할 때 사용하기 위한 비에탈론 기반의 프로세스 제어 모니터에서의 층들의 단면도이다.

도 11b는 도 9의 간섭 변조기를 제조하는 데 사용된 프로세스를 모니터링할 때 사용하기 위한 다른 비에탈론 기반의 프로세스 제어 모니터에서의 층들의 단면도이다.

도 11c는 도 9의 간섭 변조기를 제조하는 데 사용된 프로세스를 모니터링할 때 사용하기 위한 다른 비에탈론 기반의 프로세스 제어 모니터에서의 층들의 단면도이다.

도 11d는 도 9의 간섭 변조기를 제조하는 데 사용된 프로세스를 모니터링할 때 사용하기 위한 다른 비에탈론 기반의 프로세스 제어 모니터에서의 층들의 단면도이다.

도 11e는 도 9의 간섭 변조기를 제조하는 데 사용된 프로세스를 모니터링할 때 사용하기 위한 다른 비에탈론 기반의 프로세스 제어 모니터에서의 층들의 단면도이다.

도 11f는 도 9의 간섭 변조기를 제조하는 데 사용된 프로세스를 모니터링할 때 사용하기 위한 다른 비에탈론 기반의 프로세스 제어 모니터에서의 층들의 단면도이다.

도 11g는 도 9의 간섭 변조기를 제조하는 데 사용된 프로세스를 모니터링할 때 사용하기 위한 다른 비에탈론 기반의 프로세스 제어 모니터에서의 층들의 단면도이다.

도 12는 간섭 변조기 어레이 및 해방 에칭을 모니터링하고 간섭 변조기로부터 반사된 컬러를 모니터링하는데 사용되는 프로세스 제어 모니터를 포함하는 웨이퍼의 평면도이다.

도 13a는 해방 에칭을 모니터링하는 데 사용될 수 있는 프로세스 제어 모니터의 평면도이다.

도 13b는 해방 에칭을 모니터링하는 데 사용될 수 있는 다른 프로세스 제어 모니터의 평면도이다.

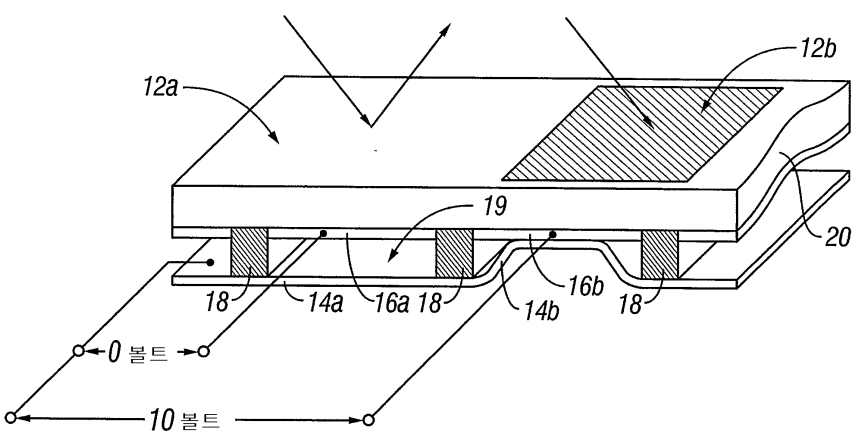
도 14는 간섭 변조기에서의 층들의 두께를 측정하는 데 사용될 수 있는 프로세스 제어 모니터의 단면도이다.

도 15는 프로세스 제어 모니터에서의 층들의 두께를 측정하는 데 사용될 수 있는 프로세스 제어 모니터의 다른 실시예의 단면도이다.

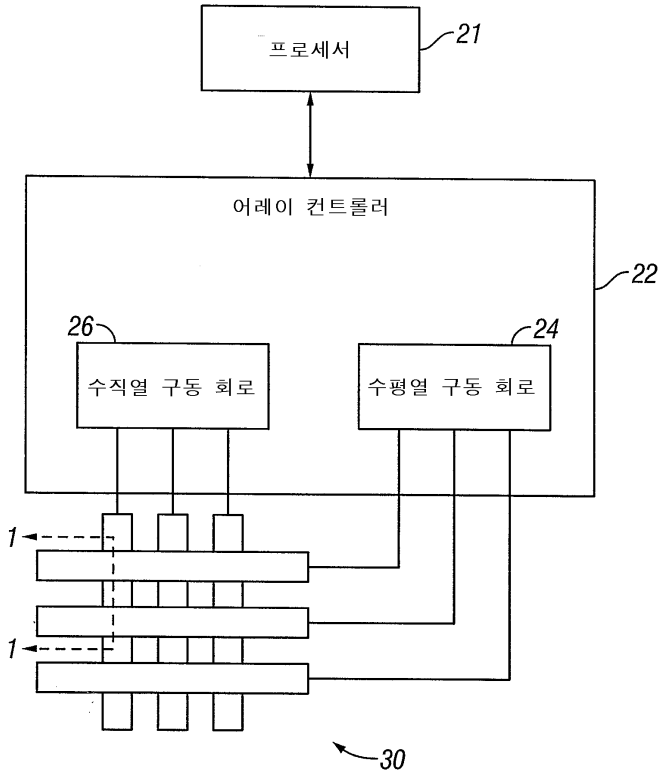
도 16은 프로세스 제어 모니터에서의 층들의 두께를 측정하는 데 사용될 수 있는 프로세스 제어 모니터의 또 다른 실시예의 단면도이다.

도면

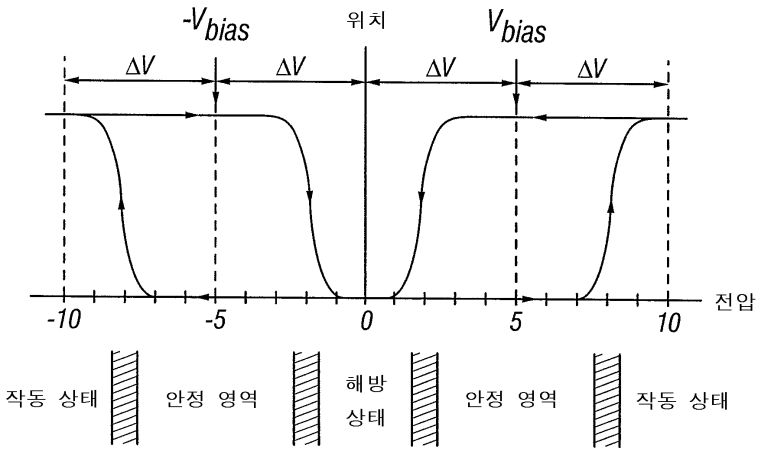
도면1



도면2


프로세서
21
어레이 컨트롤러
22
26
수직열 구동 회로
24
수평열 구동 회로
1
1
30

도면3

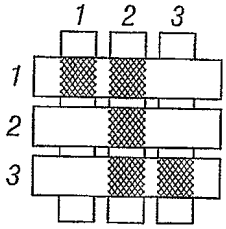

-Vbias
위치
Vbias
ΔV
ΔV
ΔV
ΔV
-10
-5
0
5
10
전압
작동 상태
안정 영역
해방 상태
안정 영역
작동 상태

도면4

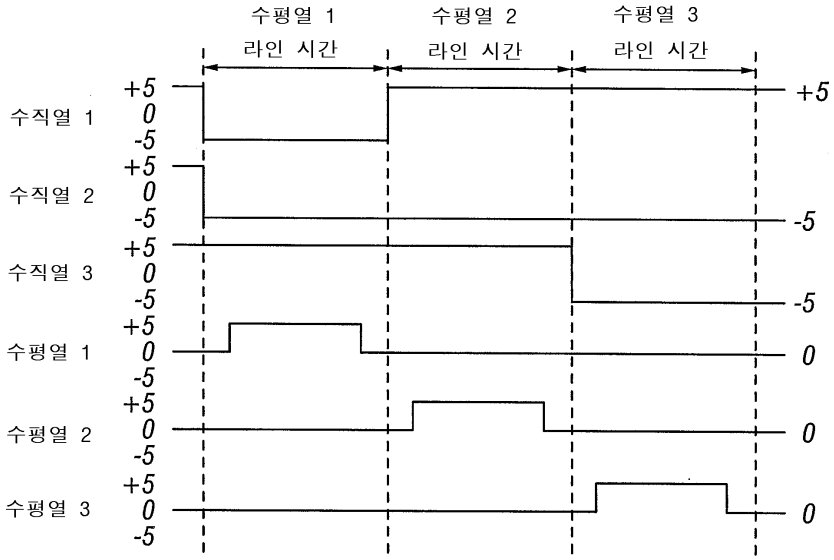
수직열
출력 신호

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

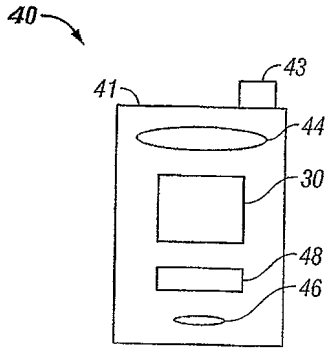
도면5a



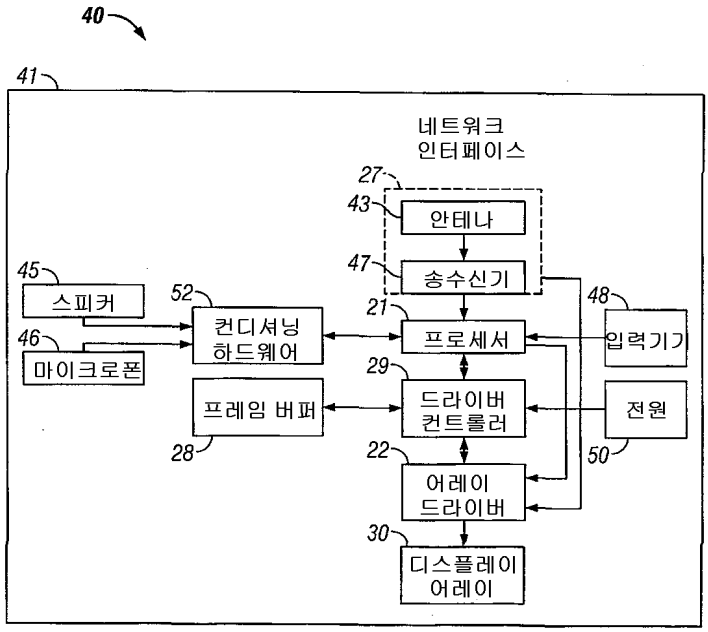
도면5b



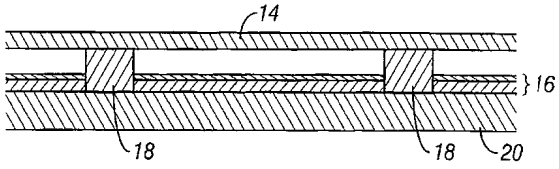
도면6a



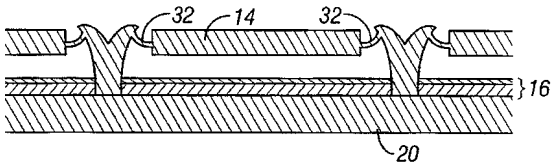
도면6b



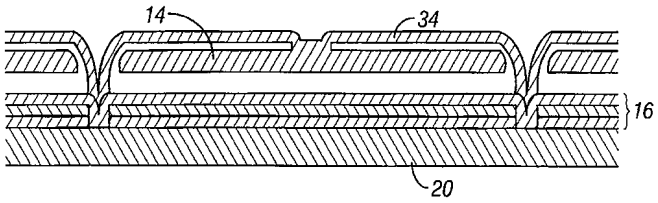
도면7a



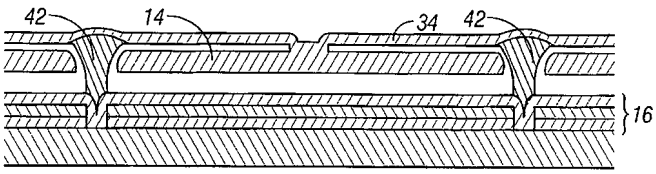
도면7b



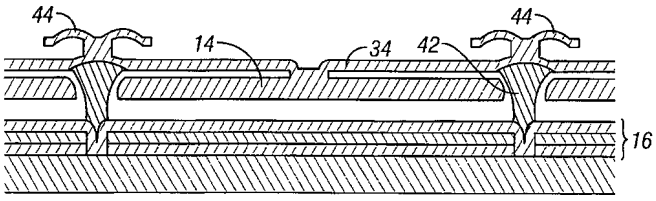
도면7c



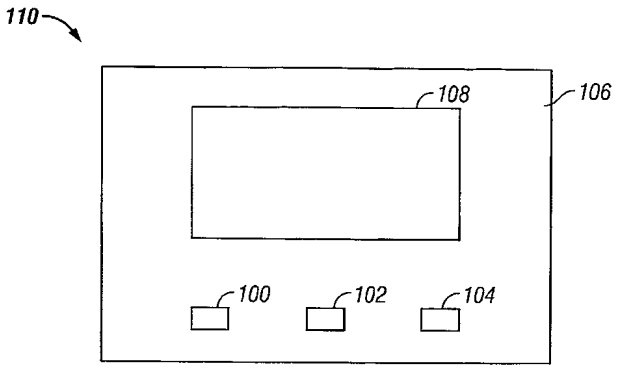
도면7d



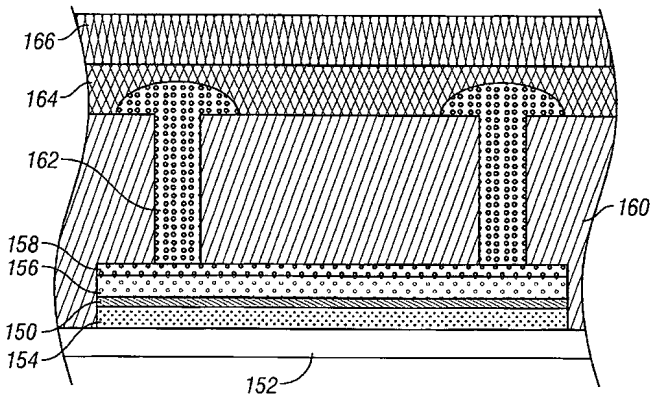
도면7e



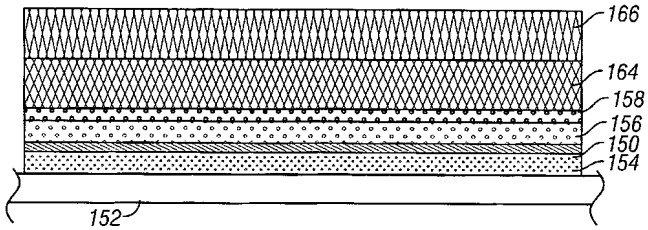
도면8



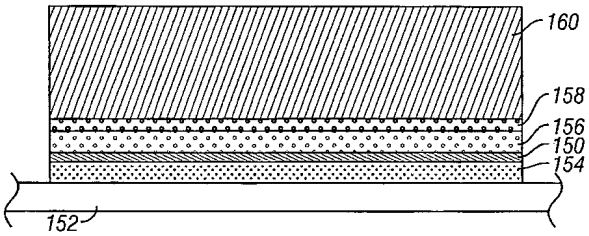
도면9



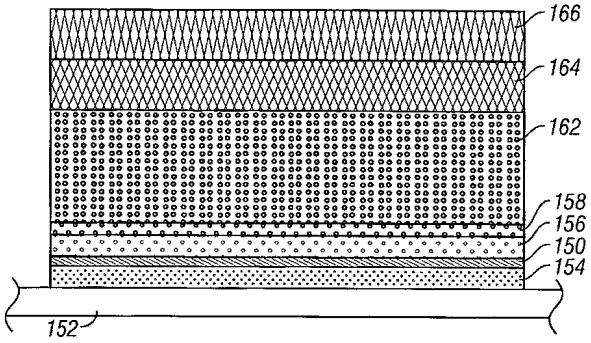
도면10a



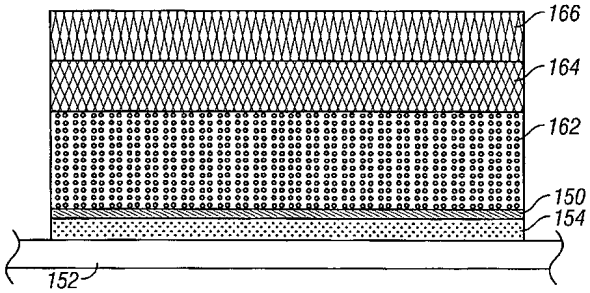
도면10b



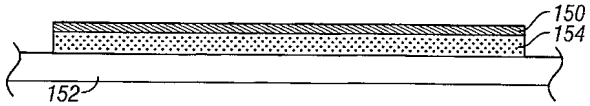
도면10c



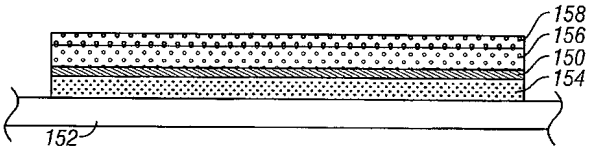
도면10d



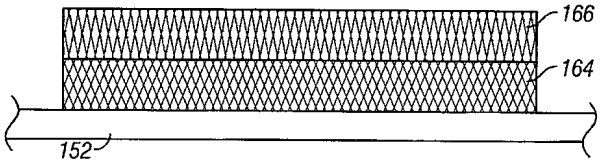
도면11a



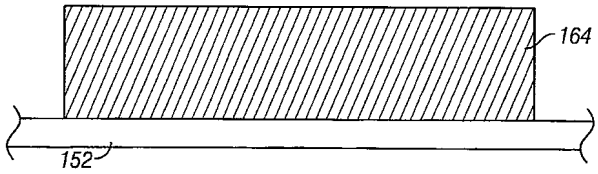
도면11b



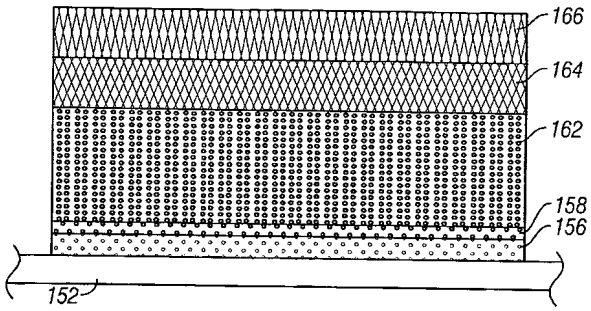
도면11c



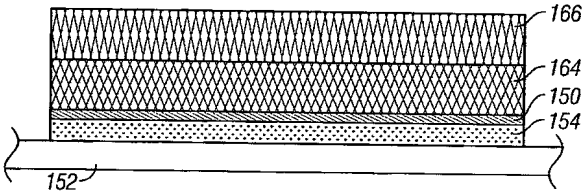
도면11d



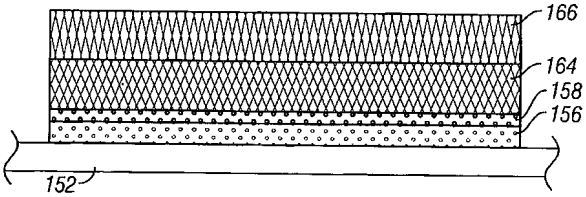
도면11e



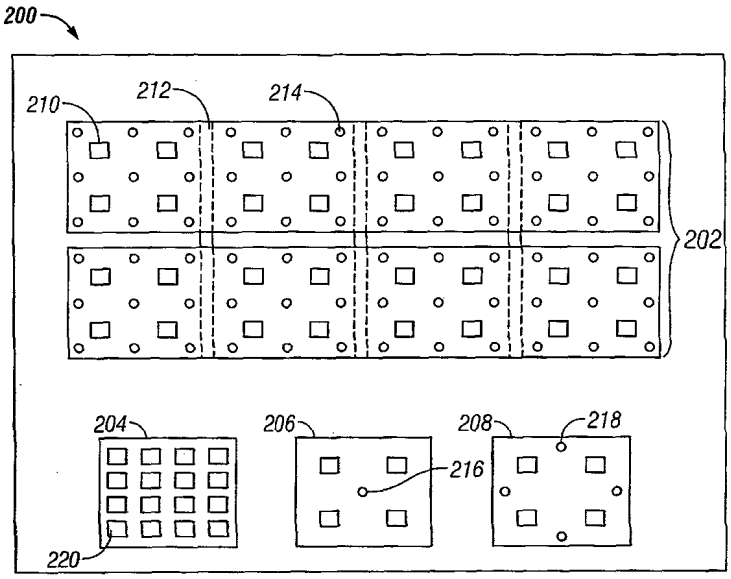
도면11f



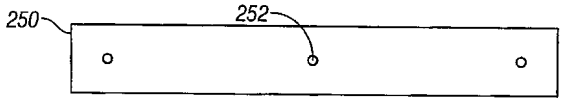
도면11g



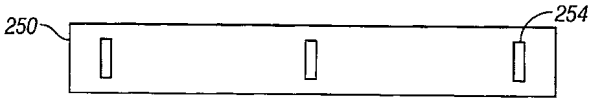
도면12



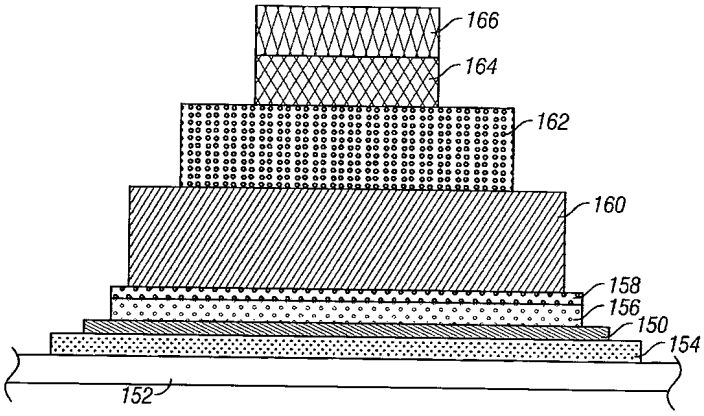
도면13a



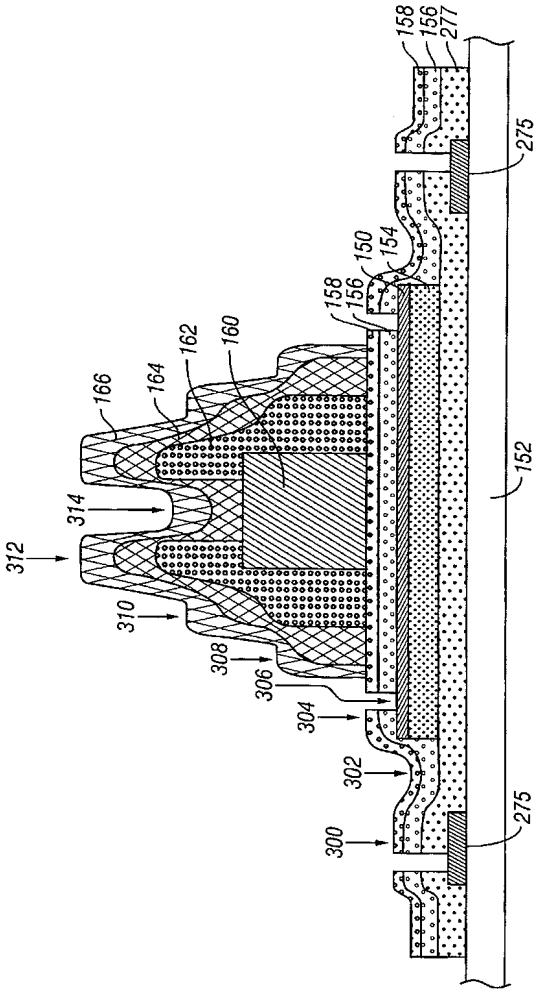
도면13b



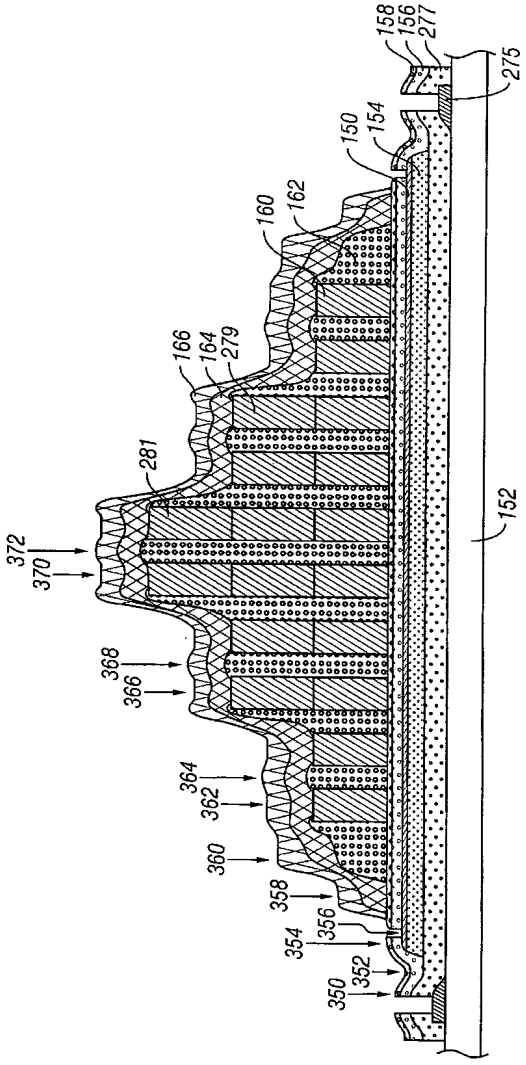
도면14



도면15


158
156
277
275
150
154
158
156
160
162
164
166
314
312
310
308
306
304
302
300
275
152

도면16


158
156
277
275
150
154
160
162
166
164
279
281
372
370
368
366
364
362
360
358
356
354
352
350
152