



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0028528
(43) 공개일자 2009년03월18일

(51) Int. Cl.

B81B 7/00 (2006.01) B81B 1/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-7030619

(22) 출원일자 2008년12월16일

심사청구일자 없음

번역문제출일자 2008년12월16일

(86) 국제출원번호 PCT/US2007/012339

국제출원일자 2007년05월22일

(87) 국제공개번호 WO 2007/142846

국제공개일자 2007년12월13일

(30) 우선권주장

11/444,567 2006년06월01일 미국(US)

(71) 출원인

아이디씨 엘엘씨

미국 94566 캘리포니아주 플레잔튼 베드저 드라이브 3055

(72) 발명자

코타리 매니쉬

미국 95014 캘리포니아주 쿠페티노 팜 애비뉴 22460

코구트 리오르

이스라엘 34816 하이파 알렉산더 야니 46에이

샘셀 제프리 비.

미국 81007 콜로라도주 푸에블로 웨스트 사우스 알타 비스타 레인233

(74) 대리인

유미특허법인

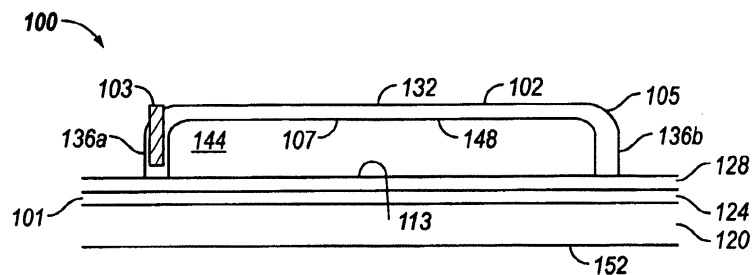
전체 청구항 수 : 총 50 항

(54) 정전 작동 및 해제를 갖는 아날로그 간섭계 변조기

(57) 요약

미소 기전 시스템(MEMS) 기기는, 제1 전극과, 제1 전극으로부터 전기적으로 절연된 제2 전극과, 제1 전극 및 제2 전극으로부터 전기적으로 절연된 제3 전극을 포함한다. 또한, 미소 기전 시스템 기기는, 제1 전극과 제2 전극을 분리시키는 지지 구조체와, 제1 위치와 제2 위치 사이에서 이동 가능하게 위치되는 반사 소자를 포함한다. 반사 소자는, 제1 위치에 있을 때에는 미소 기전 시스템 기기의 일부분과 접촉하고, 제2 위치에 있을 때에는 미소 기전 시스템 기기의 일부분과 접촉하지 않는다. 반사 소자가 제1 위치에 있을 때에는 반사 소자와 미소 기전 시스템 기기의 일부분 간에 점착력이 생성되며, 이 점착력은 제1 전극, 제2 전극, 및 제3 전극에 인가된 전압에 의해 적어도 부분적으로 감소되거나 상쇄된다.

대표도 - 도8a



특허청구의 범위

청구항 1

미소 기전 시스템(MEMS) 기기에 있어서,

제1 전극;

상기 제1 전극으로부터 전기적으로 절연된 제2 전극;

상기 제1 전극 및 상기 제2 전극으로부터 전기적으로 절연된 제3 전극;

상기 제1 전극과 상기 제2 전극을 분리시키는 지지 구조체; 및

제1 위치와 제2 위치 사이에서 이동 가능하게 위치되며, 상기 제1 위치에 있을 때에는 상기 미소 기전 시스템 기기의 일부분과 접촉하고, 상기 제2 위치에 있을 때에는 상기 미소 기전 시스템 기기의 상기 일부분과 접촉하지 않는 반사 소자

를 포함하며,

상기 반사 소자가 상기 제1 위치에 있을 때에는 상기 반사 소자와 상기 일부분 간에 점착력이 생성되며, 상기 제1 전극, 상기 제2 전극, 및 상기 제3 전극에 인가된 전압이 상기 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 상쇄하는,

미소 기전 시스템 기기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제3 전극은 상기 반사 소자의 도전성 부분을 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제3 전극은 상기 지지 구조체의 도전성 부분을 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 반사 소자가 상기 제1 위치에 있을 때에는, 상기 제3 전극의 적어도 일부가 상기 반사 소자보다 더 높게 위치하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 반사 소자가 상기 제1 위치에 있을 때에는, 상기 제3 전극의 적어도 일부가 상기 반사 소자의 적어도 일부분의 바로 위에 위치하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제3 전극은 상기 지지 구조체에 의해 지지되는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 지지 구조체는 하나 이상의 포스트를 포함하며, 상기 제3 전극은 하나 이상의 상기 포스트의 도전성 부분을 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 지지 구조체는 도전성 부분을 각각 갖는 복수의 포스트를 포함하며, 상기 제3 전극은 상기 도전성 부분을 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 복수의 포스트는 상기 반사 소자에 대하여 실질적으로 대칭 관계로 위치되는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 반사 소자는 제1 층 및 그 위의 제2 층을 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제1 층은 상기 제2 층보다 더 큰 가요성을 갖는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 제1 층은 상기 제2 층보다 얇게 형성되는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 제2 층은, 상기 제1 층의 중앙부를 덮지만 상기 제1 층의 하나 이상의 가장자리 부분은 덮지 않는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 제1 층과 상기 제2 층 중의 하나 이상은 도전성을 갖는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 반사 소자는 가장자리 부분이 중앙 부분보다 얇게 형성되는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 반사 소자의 적어도 일부분은 도전성을 갖는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 17

제1항에 있어서,

상기 반사 소자는, 상기 반사 소자의 상위 표면 위에 위치하고 상기 제2 전극을 향해 연장하는 하나 이상의 연장부를 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 하나 이상의 연장부는 상기 반사 소자의 하나 이상의 가장자리 부분 위에 또는 그 부근에 위치하며, 상기 반사 소자의 상위 표면 위에서부터의 높이가 상기 반사 소자의 중앙 부분의 두께의 약 1/3 내지 약 1/2인, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 19

제1항에 있어서,

상기 제2 전극은 상기 반사 소자를 향해 연장하는 하나 이상의 부분을 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 20

제1항에 있어서,

상기 제3 전극은 상기 반사 소자를 향해 연장하는 하나 이상의 부분을 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 21

제1항에 있어서,

디스플레이;

상기 디스플레이와 통신하도록 구성되고, 또한 이미지 데이터를 처리하도록 구성되는 프로세서; 및

상기 프로세서와 통신하도록 구성되는 메모리 기기

를 더 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 22

제21항에 있어서,

상기 디스플레이에 하나 이상의 신호를 전송하도록 구성된 드라이버 회로를 더 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 드라이버 회로에 상기 이미지 데이터의 일부 또는 전부를 전송하도록 구성된 컨트롤러를 더 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 24

제21항에 있어서,

상기 프로세서에 상기 이미지 데이터를 전송하도록 구성된 이미지 소스 모듈을 더 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 25

제24항에 있어서,

상기 이미지 소스 모듈은 수신기, 송수신기, 및 송신기 중의 하나 이상을 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 26

제21항에 있어서,

입력 데이터를 수신하고 상기 입력 데이터를 상기 프로세서에 통신하도록 구성된 입력 기기를 더 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 27

미소 기전 시스템(MEMS) 기기에 있어서,

전기를 도통시키기 위한 제1 도전 수단;

전기를 도통시키고, 상기 제1 도전 수단과 전기적으로 절연되는 제2 도전 수단;

전기를 도통시키고, 상기 제1 도전 수단 및 상기 제2 도전 수단과 전기적으로 절연되는 제3 도전 수단;

상기 제1 도전 수단과 상기 제2 도전 수단을 분리시키는 분리 수단; 및

광을 반사하며, 제1 위치와 제2 위치 사이에서 이동 가능하게 위치되며, 상기 제1 위치에 있을 때에는 상기 미소 기전 시스템 기기의 일부분과 접촉하고, 상기 제2 위치에 있을 때에는 상기 미소 기전 시스템 기기의 상기 일부분과 접촉하지 않는 반사 수단

을 포함하며,

상기 반사 수단이 상기 제1 위치에 있을 때에는 상기 반사 수단과 상기 일부분 간에 점착력이 생성되며, 상기 제1 도전 수단, 상기 제2 도전 수단, 및 상기 제3 도전 수단에 인가된 전압이, 상기 반사 수단이 상기 제1 위치에 있는 동안 상기 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 상쇄하는,

미소 기전 시스템 기기.

청구항 28

제27항에 있어서,

상기 제1 도전 수단은 전극을 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 29

제27항에 있어서,

상기 제2 도전 수단은 전극을 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 30

제27항에 있어서,

상기 제3 도전 수단은 전극을 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 31

제30항에 있어서,

상기 반사 수단이 상기 제1 위치에 있을 때, 상기 전극의 적어도 일부가 상기 반사 수단보다 높게 위치하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 32

제31항에 있어서,

상기 반사 수단이 상기 제1 위치에 있을 때, 상기 전극의 적어도 일부가 상기 반사 수단의 적어도 일부분의 바로 위에 위치하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 33

제30항에 있어서,

상기 전극은 상기 분리 수단에 의해 지지되는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 34

제27항에 있어서,

상기 분리 수단은 기계적 특성의 층 및 하나 이상의 지지 포스트를 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 35

제27항에 있어서,

상기 반사 수단은 상기 제1 도전 수단과 상기 제2 도전 수단 사이에 위치된 반사 소자를 포함하는, 미소 기전 시스템 기기.

청구항 36

미소 기전 시스템(MEMS) 기기를 작동시키는 방법에 있어서,

제1 전극;

상기 제1 전극으로부터 전기적으로 절연된 제2 전극;

상기 제1 전극 및 상기 제2 전극으로부터 전기적으로 절연된 제3 전극;

상기 제1 전극과 상기 제2 전극을 분리시키는 지지 구조체; 및

제1 위치와 제2 위치 사이에서 이동 가능하게 위치되며, 상기 제1 위치에 있을 때에는 상기 미소 기전 시스템 기기의 일부분과 접촉하고, 상기 제2 위치에 있을 때에는 상기 미소 기전 시스템 기기의 상기 일부분과 접촉하지 않는 반사 소자

를 포함하며,

상기 반사 소자가 상기 제1 위치에 있을 때에는 상기 반사 소자와 상기 일부분 간에 점착력이 생성되는,

상기 미소 기전 시스템 기기를 제공하는 단계; 및

상기 제1 전극, 상기 제2 전극, 및 상기 제3 전극에 전압을 인가하여, 상기 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 상쇄하는 단계

를 포함하는 미소 기전 시스템 기기의 작동 방법.

청구항 37

제36항에 있어서,

상기 전압은 약 10 볼트와 약 50 볼트 사이의 크기를 갖는, 미소 기전 시스템 기기의 작동 방법.

청구항 38

제36항에 있어서,

상기 제1 전극, 상기 제2 전극, 및 상기 제3 전극에 인가된 상기 전압은, 상기 반사 소자의 일부분이 탄성 변형이 이루어지도록 하는, 미소 기전 시스템 기기의 작동 방법.

청구항 39

제36항에 있어서,

상기 제1 전극, 상기 제2 전극, 및 상기 제3 전극에 인가된 상기 전압 중의 하나 이상은 주파수를 갖는 시간 가변 전압(time-varying voltage)을 포함하는, 미소 기전 시스템 기기의 작동 방법.

청구항 40

제39항에 있어서,

상기 주파수는 약 100 Hz 내지 약 50 MHz의 범위에 있는, 미소 기전 시스템 기기의 작동 방법.

청구항 41

제39항에 있어서,

상기 주파수는 상기 반사 소자의 기계적인 공진 주파수와 실질적으로 동일한, 미소 기전 시스템 기기의 작동 방법.

청구항 42

제39항에 있어서,

상기 시간 가변 전압은 상기 반사 소자의 일부분이 탄성 발진이 이루어지도록 하는, 미소 기전 시스템 기기의 작동 방법.

청구항 43

제42항에 있어서,

상기 주파수는 상기 탄성 발진의 진폭을 증가시키도록 선택되는, 미소 기전 시스템 기기의 작동 방법.

청구항 44

제36항에 있어서,

상기 제1 전극, 상기 제2 전극, 및 상기 제3 전극에 인가된 상기 전압은, 상기 반사 소자를 탄성적으로 변형시킴으로써, 상기 제1 위치에 있을 때에 상기 미소 기전 시스템 기기의 일부분과 접촉하는 상기 반사 소자의 면적을 감소시키는, 미소 기전 시스템 기기의 작동 방법.

청구항 45

제36항에 있어서,

상기 제1 전극, 상기 제2 전극, 및 상기 제3 전극에 인가된 상기 전압 중의 하나 이상의 전압은, 상기 반사 소자에 임펄스를 인가하는 시간 가변 전압을 포함하는, 미소 기전 시스템 기기의 작동 방법.

청구항 46

미소 기전 시스템(MEMS) 기기를 제조하는 방법에 있어서,

기판 상에 제1 반사층을 형성하는 단계;

상기 제1 반사층 위에 희생층을 형성하는 단계;

상기 희생층의 일부분을 제거하여 개구를 형성하는 단계;

상기 개구를 유전체 재료로 채워 포스트를 형성하는 단계;

상기 희생층 위에 제2 반사층을 형성하는 단계;

상기 제2 반사층의 일부분 및 상기 포스트의 일부분을 제거하여 홀을 형성하는 단계;

상기 홀을 도전성 재료로 채워 전극을 형성하는 단계; 및

상기 희생층을 제거하는 단계

를 포함하는 미소 기전 시스템 기기의 제조 방법.

청구항 47

제46항에 있어서,

상기 제2 반사층은 제1 위치와 제2 위치 사이에서 이동 가능하게 위치되며, 상기 제2 반사층은 상기 제1 위치에 있을 때에는 상기 미소 기전 시스템 기기의 일부분과 접촉하고, 상기 제2 위치에 있을 때에는 상기 미소 기전 시스템 기기의 일부분과 접촉하지 않으며,

상기 제2 반사층이 상기 제1 위치에 있을 때에는 상기 전극의 적어도 일부분이 상기 제2 반사층보다 높게 위치하는, 미소 기전 시스템 기기의 제조 방법.

청구항 48

제47항에 있어서,

상기 제2 반사층이 상기 제1 위치에 있을 때에는, 상기 전극의 적어도 일부분이 상기 제2 반사층의 적어도 일부분의 바로 위에 위치하는, 미소 기전 시스템 기기의 제조 방법.

청구항 49

제46항에 있어서,

상기 전극은 적어도 부분적으로는 상기 포스트에 의해 지지되는, 미소 기전 시스템 기기의 제조 방법.

청구항 50

청구항 46의 방법으로 제조된, 미소 기전 시스템(MEMS) 기기.

명세서

기술 분야

- <1> 본 발명은 미소 기전 시스템(MEMS : microelectromechanical systems) 기기에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 미소 기전 시스템을 이용한 아날로그, 디지털 및/또는 광학 기기에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 미소 기전 시스템은 미소 기계 소자, 액추에이터, 및 전자 기기를 포함한다. 미소 기계 소자는 적층(deposition), 에칭, 및/또는 기판과 적층 재료 층 중의 하나 또는 양자의 일부를 에칭으로 제거하거나 전기 기기 및 기전 기기를 형성하기 위해 층을 추가하는 기타 미소 기계 가공 공정을 이용하여 제조될 수 있다. 미소 기전 시스템 기기의 한 형태로서 간섭계 변조기가 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 간섭계 변조기 또는 간섭계 광변조기는 광 간섭의 원리를 이용하여 광을 선택적으로 흡수하거나 및/또는 반사하는 기기를 지칭한다. 특정 실시예에서, 간섭계 변조기는 한 쌍의 전도성 플레이트를 포함하고, 이들 전도성 플레이트 중의 하나 또는 양자 모두가 전체적으로 또는 부분적으로 투명하게 되거나 및/또는 반사성을 가지고 있을 수 있고, 적절한 전기 신호가 인가되면 상대적으로 이동할 수 있다. 특별한 실시예에서, 하나의 플레이트는 기판상에 적층된 고정층을 포함하여 구성되고, 다른 하나의 플레이트는 에어갭에 의해 상기 고정층으로부터 이격된 금속막을 포함하여 구성될 수 있다. 본 명세서에 더욱 상세히 설명된 바와 같이, 다른 하나의 플레이트에 관련한 하나의 플레이트 위치는, 간섭계 변조기 상에 입사하는 광의 광 간섭을 변화시킬 수 있다. 이러한 기기는 광범위한 응용을 가지며, 본 기술 분야에서는 이러한 유형의 기기의 특성을 이용 및/또는 수정하여 이들의 특징이 기존의 제품을 향상시키고 아직 개발되지 않은 새로운 제품을 생산하는 데 이용될 수 있도록 하는 것이 이로운 것이다.

발명의 상세한 설명

- <3> 미소 기전 시스템(MEMS) 기기의 일 실시예는, 제1 전극, 상기 제1 전극으로부터 전기적으로 절연된 제2 전극, 및 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극으로부터 전기적으로 절연된 제3 전극을 포함한다. 또한, 상기 미소 기전 시스템 기기는 상기 제1 전극과 상기 제2 전극을 분리시키는 지지 구조체를 포함한다. 또한, 상기 미소 기전 시스템 기기는 제1 위치와 제2 위치 사이에서 이동 가능하게 위치되는 반사 소자를 포함한다. 상기 반사 소자는, 상기 제1 위치에 있을 때에는 상기 미소 기전 시스템 기기의 일부분과 접촉하고, 상기 제2 위치에 있을 때에는 상기 미소 기전 시스템 기기의 상기 일부분과 접촉하지 않는다. 상기 반사 소자가 상기 제1 위치에 있을 때에는 상기 반사 소자와 상기 일부분 간에 점착력(adhesive force)이 생성된다. 상기 제1 전극, 상기 제2 전극, 및 상기 제3 전극에 인가된 전압이 상기 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 상쇄한다.
- <4> 미소 기전 시스템(MEMS) 기기의 다른 실시예는, 전기를 도통시키기 위한 제1 도전 수단, 전기를 도통시키고, 상기 제1 도전 수단과 전기적으로 절연되는 제2 도전 수단, 및 전기를 도통시키고, 상기 제1 도전 수단 및 상기 제2 도전 수단과 전기적으로 절연되는 제3 도전 수단을 포함한다. 또한, 상기 미소 기전 시스템 기기는 상기 제1 도전 수단과 상기 제2 도전 수단을 분리시키는 분리 수단을 포함한다. 또한, 미소 기전 시스템 기기는, 광을 반사하고, 제1 위치와 제2 위치 사이에서 이동 가능하게 위치되는 반사 수단을 포함한다. 상기 반사 수단은, 상기 제1 위치에 있을 때에는 상기 미소 기전 시스템 기기의 일부분과 접촉하고, 상기 제2 위치에 있을 때에는 상기 미소 기전 시스템 기기의 상기 일부분과 접촉하지 않는다. 상기 반사 수단이 상기 제1 위치에 있을 때에는 상기 반사 수단과 상기 일부분 간에 점착력이 생성된다. 상기 제1 도전 수단, 상기 제2 도전 수단,

및 상기 제3 도전 수단에 인가된 전압이 상기 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 상쇄한다.

<5> 미소 기전 시스템(MEMS) 기기를 작동시키는 방법의 실시예는, 제1 전극, 상기 제1 전극으로부터 전기적으로 절연된 제2 전극, 및 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극으로부터 전기적으로 절연된 제3 전극을 포함하는 미소 기전 시스템 기기를 제공하는 단계를 포함한다. 또한, 상기 미소 기전 시스템 기기는 상기 제1 전극과 상기 제2 전극을 분리시키는 지지 구조체를 포함한다. 또한, 상기 미소 기전 시스템 기기는 제1 위치와 제2 위치 사이에서 이동 가능하게 위치되는 반사 소자를 포함한다. 상기 반사 소자는, 상기 제1 위치에 있을 때에는 상기 미소 기전 시스템 기기의 일부분과 접촉하고, 상기 제2 위치에 있을 때에는 상기 미소 기전 시스템 기기의 상기 일부분과 접촉하지 않는다. 상기 반사 소자가 상기 제1 위치에 있을 때에는 상기 반사 소자와 상기 일부분 간에 점착력이 생성된다. 또한, 상기 미소 기전 시스템 기기의 작동 방법은, 상기 제1 전극, 상기 제2 전극, 및 상기 제3 전극에 전압을 인가하여, 상기 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 상쇄하는 단계를 포함한다.

<6> 미소 기전 시스템(MEMS) 기기를 제조하는 방법의 실시예는, 기관 상에 제1 반사층을 형성하는 단계, 상기 제1 반사층 위에 희생층을 형성하는 단계, 상기 희생층의 일부분을 제거하여 개구를 형성하는 단계, 및 상기 개구를 유전체 재료로 채워 포스트를 형성하는 단계를 포함한다. 또한, 상기 방법은, 상기 희생층 위에 제2 반사층을 형성하는 단계, 상기 제2 반사층의 일부분 및 상기 포스트의 일부분을 제거하여 홀을 형성하는 단계, 상기 홀을 도전성 재료로 채워 전극을 형성하는 단계, 및 상기 희생층을 제거하는 단계를 포함한다.

실시예

<30> 이하의 상세한 설명은 본 발명의 구체적인 실시예에 관한 것이다. 그러나 본 발명은 여러 가지 다른 방식으로 구현될 수 있다. 이하의 설명에서는 전체 도면에 걸쳐 동일한 부분에 대해 동일한 도면 부호가 사용되어 있는 도면이 참조된다. 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 기기에서도 실시될 수 있다. 보다 상세하게는, 본 발명은, 이하의 것으로 한정되지는 않지만, 예컨대, 이동 전화기, 무선 기기, 개인 휴대용 정보 단말기(PDA), 손에 들고다니거나 휴대할 수 있는 컴퓨터, GPS 수신기/네비게이터, 카메라, MP3 플레이어, 캠코더, 게임 콘솔, 손목 시계, 시계, 계산기, 텔레비전 모니터, 평판 디스플레이, 컴퓨터 모니터, 자동차 디스플레이(예컨대, 주행 거리계 디스플레이 등), 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 위의 이미지의 디스플레이) 등과 같은 다양한 전자 기기에서 실현되거나 관련되는 것으로 고려된다. 또한, 본 명세서에 개시된 미소 기전 시스템(MEMS) 기기와 유사한 구조의 기기를 전자 스위칭 기기와 같은 비(非)디스플레이 분야에 사용할 수도 있다.

<31> 미소 기전 시스템 기기의 일부 실시예는 미러 또는 변형 가능한 기계적 특성의 층과 같은 이동 가능한 소자를 포함할 수도 있으며, 이러한 이동 가능한 소자는 이동 가능한 소자가 미소 기전 시스템 기기의 일부분과 접촉하게 되는 제1 위치와 이동 가능한 소자가 미소 기전 시스템 기기의 일부분과 접촉하지 않는 제2 위치 사이에서 이동한다. 제1 위치에 있는 동안, 이동 가능한 소자와 접촉 부분 간에는 점착력(예컨대, 정지 마찰)이 생성될 것이다. 따라서, 이동 가능한 소자가 제1 위치에 있는 동안 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 상쇄할 수 있는 미소 기전 시스템 기기 및 그 작동 방법을 제공하는 것이 이로운 것이다. 특정 실시예에서, 미소 기전 시스템 기기는 이동 가능한 소자에 대한 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 상쇄하도록 구성된 하나 이상의 전극을 포함한다. 일실시예에서, 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 상쇄하는 정전기력(electrostatic force)을 제공하기 위해 하나 이상의 전극에 전압이 인가될 것이다. 다른 실시예에서, 점착력이 발생되는 접촉 면적을 감소시키기 위해 이동 가능한 소자를 탄성적으로 변형시키거나 또는 발진(oscillation)시키기 위해 시간 가변 전압(time-varying voltage)이 이용될 수도 있다. 특정 실시예에서, 시간 가변 전압은 점착력이 감소되도록 이동 가능한 소자를 진동 또는 공진시킬 수도 있다.

<32> 도 1에는 간접계 MEMS 디스플레이 소자를 포함하여 구성된 간접계 변조기 디스플레이의 일실시예가 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 흑백뿐만 아니라 컬러 디스플레이도 가능하도록 구성될 수 있다.

<33> 도 1은 영상 디스플레이의 일련의 픽셀들에서 인접하는 두 개의 픽셀을 나타낸 등각 투영도이다. 여기서, 각

픽셀은 미소 기전 시스템의 간섭계 변조기를 포함하여 구성된다. 일부 실시예에서, 간섭계 변조기 디스플레이는 이들 간섭계 변조기들의 행렬 어레이를 포함하여 구성된다. 각각의 간섭계 변조기는, 적어도 하나의 가변치수를 갖는 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 위치(본 명세서에서는 "해방 위치"로 지칭됨)에서, 이동 가능한 층은 부분적으로 반사하는 고정된 층으로부터 상대적으로 먼 거리에 위치한다. 제2 위치(본 명세서에서는 "작동 위치"로 지칭됨)에서, 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.

<34> 도 1에 도시된 픽셀 어레이 부분은 두 개의 인접하는 간섭계 변조기(12a, 12b)를 포함한다. 좌측에 있는 간섭계 변조기(12a)에서는, 이동 가능하고 반사성이 높은 반사층(14a)이, 부분적으로 반사하는 층을 포함하는 광학 스택(16a)으로부터 소정의 거리를 두고 해방 위치에 있는 것으로 도시되어 있다. 우측에 있는 간섭계 변조기(12b)에서는, 이동 가능한 반사성이 높은 반사층(14b)이 광학 스택(16b)에 인접한 작동 위치에 있는 것으로 도시되어 있다.

<35> 광학 스택(16a, 16b)(이를 총괄하여 "광학 스택(16)"으로 지칭함)은, 본 명세서에서 언급하고 있는 바와 같이, 통상적으로 몇 개의 층을 결합시킨 것이며, 이러한 층에는 인듐 주석 산화물(ITO) 등의 전극층, 크롬 등의 부분 반사 특성을 갖는 부분 반사층, 및 투명 유전체 등이 포함될 수 있다. 따라서, 광학 스택(16)은, 전기적으로 도전성을 나타내며, 부분적으로 투명하고, 부분 반사 특성을 가지고 있으며, 예컨대 투명 기판(20) 상에 상기 언급한 층들 중 하나 이상을 적층시킴으로써 제조될 수 있다. 부분 반사층은, 각종 금속, 반도체, 및 유전체 등과 같이 부분 반사 특성을 갖는 다양한 재료로 형성될 수 있다. 이 부분 반사층은 하나 이상의 층들로 형성될 수 있으며, 이들 층의 각각은 단일의 재료 또는 이러한 재료를 조합하여 형성될 수 있다.

<36> 일부 실시예에서, 광학 스택의 층들은 병렬 스트립으로 패터닝되어, 상세히 후술하는 바와 같이 디스플레이 기기의 수평열 전극(row electrode)을 형성할 수 있다. 이동 가능한 반사층(14a, 14b)은, 포스트(18)의 상부와 이 포스트들 사이에 개재하는 희생 재료(sacrificial material) 위에 적층된 금속층(광학 스택(16a, 16b)의 수평열 전극에 직각을 이루는)으로 이루어진 일련의 병렬 스트립으로서 형성될 수 있다. 희생 재료를 에칭에 의해 제거하면, 이동 가능한 반사층(14a, 14b)이, 형성된 갭(19)에 의해 광학 스택(16a, 16b)으로부터 이격된다. 반사층(14)을 알루미늄과 같이 도전성과 반사성이 높은 재료를 이용하여 형성할 수 있고, 이들 스트립은 디스플레이 기기의 수직열 전극(column electrode)을 형성할 수 있다.

<37> 전압이 인가되지 않으면, 이동 가능한 반사층(14a)과 광학 스택(16a) 사이에 캐비티(19)가 그대로 존재하게 되고, 이동 가능한 반사층(14a)은 도 1의 픽셀(12a)에 의해 나타난 바와 같이 기계적으로 해방된 상태에 있게 된다. 그러나, 선택된 수평열과 수직열에 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 변형되고, 광학 스택(16)에 대항하여 힘을 받게 된다. 광학 스택(16) 내의 유전체층(이 도면에는 도시하지 않음)은, 도 1의 우측의 픽셀(12b)에 의해 예시된 바와 같이 반사층(14)과 광학 스택(16)의 단락을 방지하고 이들 간의 이격 거리를 제어할 것이다. 이 동작은 인가된 전위차의 극성에 관계없이 동일하다. 이러한 방식에서, 반사 대 비반사 픽셀 상태를 제어할 수 있는 수평열/수직열 작동은 종래의 액정 디스플레이(LCD) 및 다른 디스플레이 기술에서 사용되었던 방식과 여러 가지 면에서 유사하다.

<38> 도 2 내지 도 5b는 디스플레이 응용분야에서 간섭계 변조기의 어레이를 사용하는 하나의 예시적인 공정 및 시스템을 나타낸다.

<39> 도 2는 본 발명의 여러 측면을 포함할 수 있는 전자 기기의 일 실시예를 나타낸 시스템 블록도이다. 본 실시예에서, 전자 기기는 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 마이크로프로세서이거나, 또는 디지털 신호 처리기, 마이크로컨트롤러, 프로그래머블 게이트 어레이 등과 같은 특수 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 포함한 하나 이상의 소프트웨어 응용프로그램을 실행하도록 구성될 수 있다.

<40> 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. 미소기전 시스템의 간섭계 변조기에 대하여, 수평열/수직열 작동 프로토콜은 도 3에 도시된 이들 기기의 히스테리시스 특성을 이용할 수 있다. 이동 가능한 층을 해방 상태에서 작동 상태로 변형시키기 위해, 예컨대 10V의 전위차가 요구될 수도 있다. 그러나, 전압이 그 값으로부터 감소될 때, 전압이 10V 아래로 떨어지더라도 이동 가능한 층은 자신의 상태를 유지한다. 도 3의 예시 실시예에서, 이동 가능한 층은 전압이 2V 아래로 떨어질 때까지는 완전히 해방되지 않는다. 따라서, 기기가 해방 상태 또는 작동 상태 중 어느 하나의 상태로 안정하게 되는 인가 전압 영역이 존재하며, 도 3에 예시된 예에서는 이 전압 범위가 약 3~7V이다. 이것을 본 명세서 내에서는 "히스테리시스 영역" 또는 "안정 영역"으로 지칭한다. 도 3의 히스테리시스 특성을 가진 디스플레이 어레이에 대하여, 수평열/수직열 작동 프로토콜은, 수평열 스트로브(row strobe)가 인가되는 동안, 스트로브가 인가된 수평열에 있는 픽셀들 중에 작동되어야 할 픽셀들이 약 10V의 전위차에 노출되고, 해방되어야 할 픽셀들이 0V에 가까운 전위차에 노출되도록 설계될 수 있다. 스트로브를 인가한 후에는, 픽셀들이 수평열 스트로브에 의해 어떠한 상태가 되었든지 간에 그 상태로 유지되도록 약 5V의 정상 상태 전압차를 적용받는다. 기록된 후에, 각 픽셀은 본 실시예에서는 3~7V의 "안정 영역" 내의 전위차를 나타낸다. 이러한 특징은, 도 1에 도시된 픽셀 설계가 동일한 인가 전압의 조건 하에서 작동 상태든 해방 상태든 기존의 상태로 안정되게 한다. 작동 상태로 있든 해방 상태로 있든, 간섭계 변조기의 각 픽셀이 필연적으로 고정된 반사층과 이동하는 반사층에 의해 형성되는 커패시터이기 때문에, 이러한 안정된 상태는 히스테리시스 영역 내의 전압에서 거의 전력 소비 없이 유지될 수 있다. 인가 전위가 고정되어 있으면, 필연적으로 픽셀에 전류가 유입되지 않는다.

<41> 대표적인 응용예로서, 첫 번째 수평열에 있는 소정 세트의 작동된 픽셀에 따라 한 세트의 수직열 전극을 어서팅(asserting)함으로써 디스플레이 프레임은 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 펄스 동안에 설정되었던 상태를 유지한다. 이러한 동작을 순차적으로 전체 수평열에 대해 반복하여 프레임을 생성할 수 있다. 일반적으로, 이러한 프레임들은 요구된 초당 프레임수로 이러한 처리를 계속해서 반복함으로써 리프레시(refresh)되거나, 및/또는 새로운 디스플레이 데이터로 갱신된다. 픽셀 어레이의 수평열 및 수직열 전극을 구동하여 디스플레이 프레임을 생성하는 많은 다양한 프로토콜이 잘 알려져 있고, 본 발명과 관련하여 사용될 수 있다.

<42> 도 4, 도 5a 및 도 5b는 도 2의 3×3 어레이에서 디스플레이 프레임을 생성하기 위한 작동 프로토콜의 예를 나타낸 것이다. 도 4는 도 3의 히스테리시스 곡선을 나타내는 픽셀에 사용될 수 있는 수직열 전압 레벨 및 수평열 전압 레벨 세트의 예를 보여준다. 도 4의 실시예에서는, 픽셀을 작동시키기 위해, 해당 수직열을 $-V_{bias}$ 로 설정하고 해당 수평열을 $+\Delta V$ 로 설정하며, 이들 수직열과 수평열의 전압은 각각 -5 볼트와 +5 볼트에 해당할 것이다. 픽셀을 해방시키기 위해서는, 해당 수직열을 $+V_{bias}$ 로 설정하고 해당 수평열을 동일한 값의 $+\Delta V$ 로 설정하여, 픽셀에 걸리는 전위차가 0(영) 볼트가 되도록 한다. 수평열의 전압이 0(영) 볼트로 유지되는 수평열에서는, 수직열이 $+V_{bias}$ 이든 $-V_{bias}$ 이든 관계없이, 픽셀이 원래 어떤 상태이었든지 간에 그 상태에서 안정된다. 또한, 도 4에 도시된 바와 같이, 상기 언급한 것과 반대의 극성을 갖는 전압을 이용할 수 있다는 것도 알 수 있을 것이다. 예컨대, 픽셀의 작동은, 해당 수직열을 $+V_{bias}$ 로 설정하고, 해당 수평열을 $-\Delta V$ 로 설정하는 과정을 포함할 수 있다. 이 실시예에서, 픽셀을 해방시키기 위해서는, 해당 수직열을 $-V_{bias}$ 로 설정하고, 해당 수평열을 동일한 값의 $-\Delta V$ 로 설정하여, 픽셀에 걸리는 전위차가 0 볼트가 되도록 한다.

<43> 도 5b는 도 2의 3×3 어레이에 인가되는 일련의 수평열 신호 및 수직열 신호를 타이밍도로 나타낸 것이며, 도 2의 3×3 어레이는, 결과적으로, 작동된 픽셀이 비반사성을 나타내는 도 5a의 디스플레이 배열이 될 것이다. 도 5a에 도시된 프레임을 기록하기 전에, 픽셀은 어떤 상태로 되어 있어도 무방하다. 본 예에서는, 모든 수평열이 0 볼트이고, 모든 수직열이 +5 볼트이다. 이러한 인가 전압으로, 모든 픽셀은 자신들의 원래의 작동 상태 또는 해방 상태로 안정되어 있다.

<44> 도 5a의 프레임에서, (1,1), (1,2), (2,2), (3,2) 및 (3,3)의 픽셀이 작동된다. 이를 구현하기 위해, 수평열 1에 대한 "라인 시간(line time)" 동안, 수직열 1과 수평열 2는 -5 볼트로 설정되고, 수직열 3은 +5 볼트로 설정된다. 모든 픽셀들이 3~7 볼트의 안정 영역 내에 있기 때문에, 어떤 픽셀의 상태도 변경되지 않는다. 그

후, 수평열 1에 대하여, 0 볼트에서 최대 5 볼트까지 상승한 후 다시 0 볼트로 되돌아가는 펄스를 가진 스트로브가 인가된다. 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 -5 볼트로 설정하고, 수직열 1 및 수직열 3을 +5 볼트로 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 -5 볼트로 설정하고 수직열 1을 +5 볼트로 설정함으로써, 수평열 3도 마찬가지로의 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 +5 볼트 또는 -5 볼트로 유지될 수 있으므로, 디스플레이는 도 5a의 배열로 안정된다. 동일한 과정이 수십 또는 수백 개의 수평열 및 수직열로 된 어레이에 대해서도 적용될 수 있다는 것은 잘 알 수 있을 것이다. 또한, 수평열 및 수직열의 작동을 위해 사용되는 전압의 타이밍, 순서 및 레벨은 위에서 설명한 전반적인 원리 내에서 다양하게 변경될 수 있고, 상술한 예는 예시에 불과하며, 어떠한 작동 전압 인가 방법을 본 발명에 적용하여도 무방하다.

<45> 도 6a 및 도 6b는 디스플레이 기기(40)의 실시예를 나타내는 시스템 블록도이다. 디스플레이 기기(40)는 예컨대 셀룰러폰 또는 모바일 전화기일 수 있다. 그러나, 디스플레이 기기(40)와 동일한 구성품이나 약간 변형된 또한 텔레비전이나 휴대용 미디어 플레이어와 같은 여러 가지 형태의 디스플레이 기기의 예에 해당한다.

<46> 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 성형 및 진공 성형을 포함한 해당 기술분야에서 잘 알려진 여러 가지 제조 공정 중의 어느 것에 의해서도 제조될 수 있다. 또한, 하우징(41)은 플라스틱, 금속, 유리, 고무, 및 세라믹 또는 이들의 조합을 포함하여 여러 가지 재료 중 어느 것으로도 만들어질 수 있으며, 이러한 것으로 한정되지는 않는다. 일실시예에서, 하우징(41)은 분리가능한 부분(도시하지 않음)을 포함하고, 이 분리가능한 부분은 다른 색상이나 다른 로고, 그림 또는 심볼을 가진 다른 분리가능한 부분으로 교체될 수 있다.

<47> 본 예의 디스플레이 기기(40)의 디스플레이(30)는, 여기서 개시하는 바와 같이, 쌍안정(bi-stable) 디스플레이를 포함한 여러 가지 디스플레이 중 어느 것이어도 무방하다. 다른 실시예에서, 디스플레이(30)는, 상술한 바와 같은, 플라스마, 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 비평판형 디스플레이(non-flat-panel display)를 포함한다. 그러나, 본 실시예를 설명하기 위해, 디스플레이(30)는 여기서 설명하는 바와 같이 간접 계 변조기 디스플레이를 포함한다.

<48> 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 배치될 수 있는 구성요소들을 추가로 포함할 수 있다. 예컨대, 일실시예에서, 본 예의 디스플레이 기기(40)는 송수신기(47)와 연결된 안테나(43)를 구비하는 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(52)는 신호를 컨디셔닝 하도록(예컨대, 신호를 필터링하도록) 구성될 수 있다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 스피커(45)와 마이크로폰(46)에 연결되어 있다. 프로세서(21)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.

<49> 네트워크 인터페이스(27)는 예시된 디스플레이 기기(40)가 네트워크를 통해 하나 이상의 기기들과 통신할 수 있도록 하기 위한 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 안테나이어도 무방하다. 일실시예에서, 안테나는 IEEE 802.11(a), (b), 또는 (g)를 포함한 IEEE 802.11 표준에 따라 RF 신호를 송수신한다. 다른 실시예에서, 안테나는 블루투스(BLUETOOTH) 표준에 따라 RF 신호를 송수신한다. 셀룰러 휴대 전화기의 경우, 안테나는 CDMA, GSM, AMPS, 또는 무선 셀폰(cell phone) 네트워크 내에서 통신하기 위해 사용되는 공지의 다른 신호를 수신하도록 설계된다. 송수신기(47)는 안테나(43)로부터 수신된 신호를 전처리함으로써, 프로세서(21)가 이 신호를 수신하여 추가로 처리할 수 있도록 한다. 또한, 송수신기(47)는 프로세서(21)로부터 수신한 신호를, 안테나(43)를 통해 본 예의 디스플레이 기기(40)로부터 전송될 수 있도록 처리한다.

<50> 다른 실시예에서, 송수신기(47)는 수신기로 대체될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 네트워크 인터페이스(27)는,

프로세서(21)에 전송할 이미지 데이터를 저장 또는 생성할 수 있는 이미지 소스로 대체될 수 있다. 예컨대, 이미지 소스는 이미지 데이터를 담고 있는 DVD나 하드디스크 드라이브도 가능하고, 이미지 데이터를 생성하는 소프트웨어 모듈도 가능하다.

- <51> 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 등의 데이터를 수신하고, 수신한 데이터를, 본래의 이미지 데이터로 처리하거나, 또는 본래의 이미지 데이터로 용이하게 처리될 수 있는 포맷으로 가공한다. 그런 다음, 프로세서(21)는 처리된 데이터를 드라이버 컨트롤러(29) 또는 프레임 버퍼(28)로 보내 저장한다. 전형적으로, 본래의 데이터는 이미지 내의 각각의 위치에서의 이미지 특성을 나타내는 정보를 말한다. 예컨대, 그러한 이미지 특성은 컬러, 채도, 그레이 스케일 레벨을 포함할 수 있다.
- <52> 일실시예에서, 프로세서(21)는, 마이크로컨트롤러, CPU 또는 논리 유닛을 포함하여, 예시된 디스플레이 기기(40)의 동작을 제어한다. 일반적으로, 컨디셔닝 하드웨어(52)는, 스피커(45)에 신호를 보내고 마이크로폰(46)으로부터 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 포함되어 있을 수도 있다.
- <53> 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 말하면, 드라이버 컨트롤러(29)는, 디스플레이 어레이(30)의 전역에 걸쳐 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 LCD 컨트롤러 등과 같은 드라이버 컨트롤러(29)가 독립형 집적 회로(stand-alone IC)로서 시스템 프로세서(21)와 통합되기도 하지만, 이러한 컨트롤러는 여러 가지 방식으로 구현될 수 있다. 이러한 컨트롤러는 프로세서(21)에 하드웨어로서 또는 소프트웨어로서 내장될 수도 있고, 또는 어레이 드라이버(22)와 함께 하드웨어로 완전히 통합될 수도 있다.
- <54> 전형적으로, 어레이 드라이버(22)는 드라이버 컨트롤러(29)로부터 재구성된 정보를 받아서, 비디오 데이터를, 디스플레이의 x-y 행렬의 픽셀들로부터 이어져 나오는 수백 때로는 수천 개의 리드선에 초당 수 회에 걸쳐 인가되는 병렬의 파형 세트르 변환한다.
- <55> 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, 간섭계 변조기 컨트롤러)이다. 다른 실시예에서, 어레이 드라이버(22)는 종래의 드라이버 또는 쌍안정 디스플레이 드라이버(예컨대, 간섭계 변조기 디스플레이)이다. 일실시예에서, 드라이버 컨트롤러(29)는 어레이 드라이버(22)와 통합되어 있다. 이러한 실시예는 셀룰러폰, 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, 간섭계 변조기 어레이를 포함하는 디스플레이)이다.
- <56> 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, 터치스크린, 압력 또는 열 감지 멤브레인을 포함한다. 일실시예에서, 마이크로폰(46)은 예시된 디스플레이 기기(40)의 입력 기기이다. 기기에 데이터를 입력하기 위해 마이크로폰(46)이 사용되는 경우에, 사용자가 음성 명령을 제공하여 예시된 디스플레이 기기(40)의 동작을 제어하는 것이 가능하다.
- <57> 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.
- <58> 몇몇 구현예에서는, 전술한 바와 같이, 전자 디스플레이 시스템 내의 여러 곳에 위치될 수 있는 드라이버 컨트롤러의 제어를 프로그래머블하게 구성할 수 있다. 어떤 경우에는, 어레이 드라이버(22)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.

- <59> 상기 설명한 원리에 따라 동작하는 간접계 변조기의 구조에 대한 상세는 매우 다양하게 변경될 수 있다. 예를 들어, 도 7a~7e는 이동가능한 반사층(14)과 이 반사층을 지지하는 구조체에 관한 5개의 상이한 실시예를 나타낸다. 도 7a는 도 1의 실시예의 단면도로서, 금속 재료(14)의 스트립이 이 스트립에 대해 직각으로 연장되어 있는 지지체(18)상에 적층되어 있다. 도 7b에서는, 이동가능한 반사층(14)이 연결부(32)에 의해 그 코너에서만 지지대(18)에 부착되어 있다. 도 7c에서, 이동가능한 반사층(14)은 가요성 금속으로 이루어질 수 있는 변형가능한 층(34)에 매달려 있다. 이 변형가능한 층(34)은, 이 층(34)의 주위 둘레에 있는 투명 기관(20)에 직접 또는 간접으로 연결되어 있다. 이러한 연결 부분을 본 명세서에서는 지지 포스트(support post)로 지칭한다. 도 7d에 도시한 실시예는 지지 포스트 플러그(42)를 구비하고 있는데, 이 지지 포스트 플러그 상에 변형가능한 층(34)이 위치한다. 이동가능한 반사층(14)은, 도 7a~7c에 도시된 바와 같이, 캐비티의 위에 매달려 있는 상태를 유지하고 있지만, 변형가능한 층(34)은 광학 스택(16)과의 사이에 있는 틈을 채우고 있기 때문에 지지 포스트를 형성하지 않는다. 그 대신에, 지지 포스트는 지지 포스트 플러그(42)를 형성하는데 이용되는 평탄화 재료로 이루어진다. 도 7e에 도시된 실시예는 도 7d에 도시된 실시예에 기초하고 있지만, 도 7a~7c에 도시된 실시예뿐만 아니라 도시되지 않은 다른 실시예의 어떤 것과 동일한 작용을 하도록 구성될 수 있다. 도 7e에 도시된 실시예에서는, 금속 또는 그와 다른 도전성 재료로 된 여분의 층을 이용하여 버스 구조체(44)를 형성하고 있다. 이러한 구성에 의하여, 신호가 간접계 변조기의 후면을 통해 전달될 수 있게 되어, 그렇지 않은 경우에는 기관(20)상에 형성했어야 하는 많은 전극을 제거할 수 있다.
- <60> 도 7a~7e에 도시된 것과 같은 실시예에서, 간접계 변조기는, 투명 기관(20)의 정면에서 이미지를 볼 수 있고 그 반대쪽 면에 간접계 변조기가 배치되는 직시형 기기(direct-view devices)로서 기능한다. 이러한 실시예에서, 반사층(14)은, 반사층의 기관(20)과 대향하는 쪽의 면에 있는 간접계 변조기의 몇몇 부분을 광학적으로 차폐시킨다. 이러한 몇몇 부분에는 변형가능한 층(34)이 포함된다. 이러한 구성에 의하면, 차폐된 영역이 이미지의 품질에 부정적인 영향을 미치지 않도록 구성되어 동작할 수 있다. 이러한 차폐에 의해, 도 7e에 도시된 것과 같은 버스 구조체(44)를 형성할 수 있게 되는데, 이러한 버스 구조체(44)는 어드레싱 및 이러한 어드레싱에서 비롯되는 이동과 같은 간접계 변조기의 전기 기계적 특성과 간접계 변조기의 광학 특성을 분리할 수 있는 능력을 제공한다. 이러한 분리가능한 변조기 구조에 의해, 광학 변조기의 전기 기계적 특징 및 광학적 특징을 발휘하도록 이용되는 구조적인 설계 및 재료가, 서로 독립적으로 선택되어 기능할 수 있게 된다. 또한, 도 7c~7e에 도시된 실시예는, 반사층(14)의 광학적 특성을, 변형가능한 층(34)에 의해 수행되는 간접계 변조기의 기계적 특성으로부터 분리시킴으로써 얻어지는 추가의 장점을 갖는다. 이러한 구성에 의하면, 반사층(14)에 이용되는 구조적 설계 및 재료를 반사층의 광학적 특성에 대해 최적화되도록 할 수 있으며, 변형가능한 층(34)에 이용되는 구조적 설계 및 재료를 바람직한 기계적 특성에 대해 최적화되도록 할 수 있다.
- <61> 이하에서는, 도 8a 및 도 8b를 참조하여, 본 발명의 특징의 일부를 통합하는 미소 기전 시스템 기기의 실시예를 설명한다. 미소 기전 시스템 기기(100)는 제1 전극(101), 제1 전극(101)과 전기적으로 절연되는 제2 전극(102), 및 제1 전극(101) 및 제2 전극(102)과 전기적으로 절연되는 제3 전극(103)을 포함한다. 또한, 미소 기전 시스템 기기(100)는, 제1 전극(101)과 제2 전극(102)을 분리시키는 지지 구조체(105)와, 제1 위치(도 8b에 의해 개략적으로 예시된 바와 같은)와 제2 위치(도 8a에 의해 개략적으로 예시된 바와 같은) 사이에 위치되어 이동할 수 있는 반사 소자(107)를 포함한다. 제1 위치에서, 반사 소자(107)는 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부분(113)과 접촉하게 된다. 제2 위치에서, 반사 소자(107)는 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부분(113)과 접촉하지 않는다. 반사 소자(107)가 제1 위치에 있을 때, 반사 소자(107)와 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부분(113) 사이에는 점착력이 생성된다. 제1 전극(101), 제2 전극(102) 및 제3 전극(103)에 인가된 전압들은 이 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 상쇄한다.
- <62> 도 8a는 해방 상태 또는 비작동 상태에 있는 미소 기전 시스템 기기(100)의 실시예의 측단면도를 도시하고 있다. 도 8b는 작동 상태 또는 "구동" 상태에 있는 미소 기전 시스템 기기(100)의 측단면도를 도시하고 있다. 미소 기전 시스템 기기(100)는 일부 실시예에서는 유리로 이루어질 수도 있는 투명 또는 반투명 기관층(120) 위에 형성될 것이다. 기관층(120) 위에는 광학층(124)이 적층될 것이다. 광학층(124)은 부분적으로 투명하거나 반투명하며, 부분적으로 광에 대해 반사성을 나타내며, 예컨대 기관층(120) 위에 각각 크롬 및 인듐-주석-산화물로 이루어진 하나 이상의 층을 적층함으로써 제조될 것이다. 일부 실시예에서, 광학층(124)의 적어도 일부는 전기적으로 도전성을 나타내며, 미소 기전 시스템 기기(100)의 제1 전극(101)을 포함한다. 광학층(124)은 실질적으로 평행한 스트립으로 패터닝될 것이며, 또한 본 명세서에서 설명된 바와 같은 디스플레이 기기의 수평 열 전극을 형성할 것이다. 일부 실시예에서, 광학층(124) 위에 유전체층(128)이 형성될 수도 있으며, 이 유전체층은 산화물과 같은 투명 또는 반투명의 다양한 재료로 이루어질 수 있다.

- <63> 특정 실시예에서는, 유전체층(128) 위에 지지 구조체(105)가 배치된다. 지지 구조체(105)는 기계적 특성의 층(132) 및 하나 이상의 지지 포스트(136a, 136b)를 포함할 것이다. 도 8a 및 도 8b에 개략적으로 예시된 바와 같이, 특정 실시예에서, 기계적 특성의 층(132)은 반사 소자(107)를 포함하며, 지지 구조체(105)는 반사 소자(107)가 실질적으로 평면의 평행 및 이격 배열로 유전체층(128)을 마주보도록 구성된다. 반사 소자(107)와 유전체층(128)은 그 사이에 캐비티(144)를 형성한다.
- <64> 일부 실시예에서, 기계적 특성의 층(132)의 적어도 일부분은 전기적으로 도전성을 나타내며, 미소 기전 시스템 기기(100)의 제2 전극(102)을 포함한다. 기계적 특성의 층(132)은 실질적으로 평행한 스트립으로 패터닝될 것이며, 본 명세서에 설명된 바와 같은 디스플레이 기기의 수직열 전극을 형성할 것이다. 기계적 특성의 층(132)은 금속 등의 변형 가능하고 도전성 및 반사성이 높은 재료로 제조될 것이며, 일부 실시예에서는 이 금속으로서 알루미늄이 이용될 것이다. 일부 실시예에서, 지지 포스트(136a, 136b)의 일부분은 전기적으로 비도전성을 나타내며, 기계적 특성의 층(132)을 미소 기전 시스템 기기(100)의 다른 부분(예컨대, 광학층(124))으로부터 절연시킨다. 지지 구조체(136a, 136b)의 비도전성 부분은 예컨대 알루미늄 산화물과 같은 유전체 재료로 이루어질 수 있다. 유전체층(128) 또한 기계적 특성의 층(132)을 광학층(124)으로부터 전기적으로 절연시키도록 작용한다.
- <65> 도 8a에 도시된 바와 같이, 특정 실시예에서, 적어도 하나의 지지 포스트(136a)는 제3 전극(103)을 포함한다. 제3 전극(103)은 예컨대 알루미늄, 니켈, 인듐-주석-산화물, 또는 몰리브덴 등의 전기 도전성 재료로 구성될 것이다. 지지 포스트(136a)의 전기적으로 비도전성 부분은 제3 전극(103)을 제1 전극(101) 및 제2 전극(102)으로부터 절연시킬 것이다. 지지 포스트(136a)의 전기적으로 비도전성의 부분은 유전체 재료로 이루어질 수도 있다.
- <66> 특정 실시예에서, 도 8a 및 도 8b에 도시된 바와 같이, 기계적 특성의 층(132)은 기계적으로 변형 가능한 재료를 포함한다. 도 1을 참조하여 본 명세서에 설명된 바와 같이, 기계적 특성의 층(132)은 제1 전극(101)(예컨대, 광학층(124))과 제2 전극(102)(예컨대, 기계적 특성의 층(132)) 간에 전압차를 인가함으로써 해방 상태에서 구동 상태로 이동될 수 있다. 전압차가 임계값을 초과하면, 정전기력은 기계적 특성의 층(132)을 도 8b에 도시된 바와 같이 변형 및 이동시켜 유전체층(128)과 접촉 상태로 만든다. 유전체층(128)은 구동 상태에서의 광학층(124)과 기계적 특성의 층(132) 간의 단락을 방지하며, 구동 상태 동안의 접촉에 의한 광학층(124)과 기계적 특성의 층(132)에 대한 손상을 방지할 것이다. 또한, 유전체층(128)의 두께는 기계적 특성의 층(132)이 해방 상태와 구동 상태 사이에서 이동하는 거리를 제어하도록 이용될 수도 있다.
- <67> 일부 실시예에서, 기계적 특성의 층(132)의 일부분은 반사 소자(107)를 포함하도록 구성될 수도 있다. 예컨대, 기계적 특성의 층(132)의 하위 표면(148)의 일부분은 반사성이 높도록 구성될 수도 있다. 반사 소자(107)는 적어도 해방 상태의 제2 위치(도 8a)와 구동 상태의 제1 위치(도 8b) 사이에서 이동하도록 구성된다. 특정 실시예의 구동 상태에서, 반사 소자(107)는 도 8b에 도시된 바와 같이 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부분(113)과 접촉하게 된다.
- <68> 도 1을 참조하여 본 명세서에서 설명된 바와 같이, 미소 기전 시스템 기기(100)는 "간접계 변조기"로서 동작할 수도 있다. 비구동 상태에서, 기관층(120)의 표면(152)에 입사하는 광은 캐비티(144) 내로 전달된다. 기계적 특성의 층(132)의 위치에 의해 결정되는 캐비티(144)의 높이에 따라, 캐비티(144) 내의 간섭은 특정 파장의 광이 반사되도록 하고 다른 파장의 광은 흡수되도록 한다. 반사된 광이 전자기 스펙트럼의 가시 부분에 있다면, 기관의 표면(152)은 반사된 파장에 대응하는 컬러를 디스플레이할 것이다. 반대로, 구동 상태에서, 캐비티(144)의 높이는 비구동 상태에서보다 상당히 작으며(예컨대, 반사 소자(107)가 유전체층(128)에 접촉함), 미소 기전 시스템 기기(100)는 실질적으로 입사광의 전부를 흡수하거나 또는 적어도 입사 가시광의 거의 전부를 흡수한다. 구동 상태에서, 기관의 표면(152)은 후면 디스플레이(display back)할 것이다. 캐비티(144)의 크기와 높이를 적합하게 구성함으로써, 미소 기전 시스템 기기(100)는 화상 디스플레이 장치에서의 픽셀을 형성하도록 이용될 수도 있다.
- <69> 구동 상태에서, 반사 소자(107)는 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부분(113)과 접촉하게 되어, 이에 의해 반사 소자(107)와 일부분(113) 간에 점착력이 생성된다. 예컨대, 도 8b에 도시된 실시예에서, 점착력은 기계적 특성의 층(132)의 변형된 부분을 유전체층(128)에 부착시키는 경향이 있다.
- <70> 점착력은 예컨대 모세관 힘, 정전기력 또는 반 데어 발스 힘(van der Waals force) 등의 힘 또는 기타 분자간 힘(inter-molecular force)에 의해 야기될 수도 있다. 점착력은 예컨대 미소 기전 시스템 기기(100)에 사용된 재료, 형상, 배향, 및 구조체의 구성, 접촉 표면의 거칠기, 및 주변 습도와 압력을 포함한 요소의 범위에 좌우

된다. 점착력은 미소 기전 시스템 기기(100) 내의 구조체가 예컨대 커다란 가속을 수반하는 격한 움직임을 통해 또는 더욱 완만한 준안정(quasi-static) 움직임을 통해 작동되는 방식에 좌우될 것이다. 본 명세서에서 설명된 점착 영향의 일부를 포함하는 "정지 마찰"이 흔히 사용되는 표현이다.

<71> 도 3을 참조하여 미소 기전 시스템 기기(100)를 작동 및 비작동시키는 공정을 설명한다. 기계적 특성의 층(132)과 광학층(124) 사이에 전압차가 인가될 것이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 전압차가 제1 임계값 이상으로 증가함에 따라, 정전기력은 기계적 특성의 층(132)을 해방 상태(도 8a)에서 구동 상태(도 8b)로 변형시킨다. 전압차가 감소될 때, 미소 기전 시스템 기기(100)은 전압차가 제2 임계값 이하로 떨어질 때까지 구동 상태로 유지한다. 제2 임계값에서, 기계적 특성의 층(132)과 광학층(124) 간에 인력을 발생시키는 정전기력은 기계적 특성의 층(132)을 해방 상태로 되돌리는 기계적 복원력보다 작게 된다. 따라서, 전압이 제2 임계값 아래로 강하하면, 반사 소자(107)는 반사 소자와 접촉 상태로 있던 일부분(113)으로부터 "해제"된다. 이에 대한 샘플을 나타내는 도 3의 실시예에서, 제1 임계 전압은 약 8 볼트이고, 제2 임계 전압은 약 2 볼트이다. 도 4는 이러한 작동 및 해제 사이클을 통해 미소 기전 시스템 기기(100)를 구동하기 위해 사용되는 "작동 프로토콜"의 일 실시예를 도시하고 있다.

<72> 점착력은 이러한 작동 및 해제 사이클의 본래 성질을 변경시킬 수도 있다. 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부 실시예에서, 반사 소자(107)와 이 반사 소자(107)에 접촉하는 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부분(113) 간의 점착력은 충분히 커서, 전압차가 제2 임계값 아래로 강하하는 때에 이러한 점착이 반사 소자(107)의 해제를 억제하거나 일부 경우에는 반사 소자(107)의 해제가 이루어지지 않도록 할 수도 있다. 따라서, 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 상쇄시키는 아키텍처를 제공하는 것이 이롭다.

<73> 미소 기전 시스템 기기(100)의 특정 실시예에서, 제1 전극(101), 제2 전극(102), 및 제3 전극(103)에 인가된 전압은 반사 소자(107)가 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부분(113)과 접촉하고 있는 동안(예컨대, 도 8b에 도시된 제1 위치에 있는 동안) 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 상쇄한다. 도 8a 및 도 8b에 도시된 실시예에서, 지지 포스트(136a)는 제3 전극(103)을 포함한다. 제3 전극(103)은 제1 전극(101)(도 8a 및 도 8b에서의 광학층(124)) 및 제2 전극(102)(도 8a 및 도 8b에서의 기계적 특성의 층(132))으로부터 전기적으로 절연된다. 특정의 이러한 실시예에서, 제3 전극(103)에 인가된 전압은 제2 전극(102) 상에 정전기력(156)을 생성한다(예컨대, 기계적 특성의 층(132)을 제3 전극(103)을 향해 잡아당기는 힘). 정전기력(156)은 미소 기전 시스템 기기(100)가 제1 위치(도 8b)에 있을 때 반사 소자(107)와 일부분(113) 간의 점착력을 적어도 부분적으로 상쇄할 것이다.

<74> 도 8b에 예시된 바와 같이, 정전기력(156)은 평행 방향의 힘 성분(160)과 직각 방향의 힘 성분(164)으로 분해될 수 있다. 본 명세서에 설명된 바와 같이, "평행 방향의 힘 성분" 또는 "평행 방향의 성분"이라는 표현은 제1 위치에 있는 동안 반사 소자(107)와 접촉하는 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부분(113)을 포함하는 평면에 전반적으로 평행을 이루는 정전기력(156)의 성분을 지칭한다. "평행 방향" 또는 "평행한"이라는 표현은 평행 방향의 힘 성분(160)의 방향을 지칭한다. 본 명세서에 사용된 바와 같이, "직각 방향의 힘 성분" 또는 "직각 방향의 성분"이라는 표현은 제1 위치에 있는 동안 반사 소자(107)와 접촉하는 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부분(113)을 포함하는 평면에 전반적으로 직각을 이루는 정전기력(156)의 성분을 지칭한다. "직각 방향" 또는 "직각을 이루는"이라는 표현은 직각 방향의 힘 성분(164)의 방향을 지칭한다. 직각 방향은 평행 방향에 대해 90도의 각도를 이룬다.

<75> 임의의 특정 이론에 한정되지 않고서도, 정전기력(156)은 적어도 여러 가지 원인으로 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 상쇄할 것이다. 예컨대, 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부 실시예에서, 평행 방향의 힘 성분(160)은 기계적 특성의 층(132)을 화살표 "168"로 나타낸 방향으로 밀어낼 것이며, 이러한 밀어냄은 반사 소자(107)와 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부분(113) 간의 점착력에 대해 적어도 부분적으로 책임을 갖는 분자간 결합 또는 분자간 힘을 감소시키거나 깨뜨릴 것이다. 이들 실시예 및 기타 실시예에서, 직각 방향의 힘 성분(164)은 마찬가지로 화살표 "172"로 나타낸 방향으로 기계적 특성의 층(132)의 영역을 밀어낼 것이며, 이 또한 점착력에 대해 적어도 부분적으로 책임을 갖는 분자간 결합 또는 힘을 감소시키거나 깨뜨릴 것이다. 일부 실시예에서, 평행 방향의 힘 성분(160)은 기계적 특성의 층(132)의 적어도 일부분이 화살표 "168" 방향으로 슬라이드하도록 할 것이며, 이에 의해 점착력을 감소시키고 화살표 "172" 방향으로의 기계적 특성의 층(132)의 이동을 가능하게 할 것이다. 또한, 특정 실시예에서, 직각 방향의 힘 성분(164)은 반사 소자(107)의 하나 이상의 영역이 화살표 "172" 방향으로 변위되도록 할 것이며, 이러한 변위된 영역 또는 "인상된(pulled-off)" 영역은 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부분(113)과의 접촉을 상실하게 하여, 적어도 부분적으로는 점착력을 감소시킬 것이다. 다른 실시예에서, 직각 방향의 힘 성분(172)은 기계적 특성의 층(132)의 탄성 변형을 초래하여, 반사

소자(107)가 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부분(113)과 접촉하는 면적을 감소시킬 것이다. 일반적으로, 점착력은 접촉 면적의 감소에 비례하여 감소될 것이다. 다른 실시예에서, 점착력은 전술한 물리적 영향 중의 하나 이상의 조합에 의해 감소되거나 상쇄될 것이다. 다른 실시예에서, 정전기력(156)은 현재 알려져 있거나 앞으로 발견될 추가의 원인에 의해 점착력을 감소시키거나 상쇄할 수도 있으며, 본 발명의 사상은 본 명세서에 설명된 바와 같은 원인으로만 한정되지 않는다.

<76> 일부 실시예에서, 제1 전극(101), 제2 전극(102), 및 제3 전극(103)에 인가된 전압의 하나 이상은 시간 가변 전압을 포함할 수도 있다. 시간 가변 전압은 정전기력(156)의 크기 및/또는 방향이 시간에 따라 변화되도록 할 수 있다. 정전기력(156)의 시간에 따른 변화는 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부분(113)으로부터의 반사 소자(107)의 해제를 용이하게 할 것이다(도 8b). 특정 실시예에서, 시간 가변 전압은 예컨대 하나 이상의 임펄스와 같은 시간 듀레이션이 짧은 하나 이상의 전압 펄스를 포함한다. 특정 실시예의 임펄스는 반사 소자(107)에 전반적으로 평행한 성분을 갖는 한편, 다른 실시예에서는 임펄스가 반사 소자(107)에 전반적으로 직각을 이루는 성분을 갖는다. 특정의 이러한 실시예에서, 하나 이상의 임펄스는 반사 소자(107)의 충분히 큰 가속을 발생하여 점착력을 감소시키며, 반사 소자(107)가 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부분(113)으로부터 해제된다. 다른 실시예에서, 하나 이상의 임펄스는 반사 소자(107)의 일부분이 탄성 변형에 놓이도록 하여, 전술한 바와 같이 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부분(113)과의 접촉 면적을 감소시킴으로써 점착력을 감소시킬 수도 있다.

<77> 도 8a 및 도 8b에 도시된 미소 기전 시스템 기기(100)의 다른 실시예에서, 제1 전극(101), 제2 전극(102), 및 제3 전극(103)에 인가된 전압 중의 하나 이상은 주파수를 갖는 시간 가변 전압을 포함한다. 예컨대, 일 실시예에서, 시간 가변 전압은 그 주파수에서 발진하는 사인파 성분을 포함할 수도 있다. 다른 실시예에서, 시간 가변 전압은 그 주파수를 중심으로 하는 주파수 대역을 갖는 전압을 포함할 수도 있다. 특정 실시예에서, 시간 가변 전압은 반사 소자(107)의 일부분이 탄성 발진을 겪게 하여, 반사 소자가 제1 위치(도 8b)에 있는 동안 점착력을 적어도 부분적으로 감소시킬 수 있다. 특정의 이러한 실시예에서, 탄성 발진은 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부분(113)과 접촉하고 있는 반사 소자(107)의 면적을 감소시킬 것이며, 이에 의해 점착력을 감소시킬 것이다. 이들 특정 실시예 중의 다른 실시예에서, 반사 소자(107)의 탄성 발진은 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부분(113)의 발진 가속을 초래할 것이며, 이에 의해 점착력에 대해 책임을 갖는 분자간의 힘을 부분적으로 감소시킬 것이다.

<78> 널리 공지된 바와 같이, 가진 주파수(forcing frequency)에서 발진하는 힘이 기계적 시스템에 가해질 때, 기계적 시스템은 힘의 크기에 정비례하는 진폭을 갖는 탄성 발진을 받게 될 것이다. 가진 주파수가 기계적 시스템의 기계적 공진 주파수와 동일하면, 탄성 발진의 진폭은 최대가 될 것이다. 미소 기전 시스템 기기(100)의 일부 실시예에서, 전극(101, 102, 103) 중의 적어도 하나에 인가된 시간 가변 전압의 주파수는 반사 소자(107)의 기계적 공진 주파수와 실질적으로 동일하게 되도록 선택된다. 이러한 실시예에서, 시간 가변 전압은 상당한 진폭을 갖는 반사 소자(107)의 탄성 발진 또는 진동을 유발시켜, 점착력을 감소시키고 도 8b에 도시된 제1 위치로부터 반사 소자(107)의 해제를 용이하게 한다. 다른 이러한 실시예에서, 시간 가변 전압의 주파수는 반사 소자(107)로 하여금 점착력을 감소시키는데 효과적인 충분한 진폭으로 탄성 발진이 이루어지도록 선택될 것이다. 이들 실시예의 일부에서, 점착력을 감소시키는데 효과적인 주파수는 반사 소자(107)의 기계적 공진 주파수와 상이하게 될 수도 있다.

<79> 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 상쇄하기 위해 다양한 범위의 크기 및 주파수를 갖는 전압이 제1 전극(101), 제2 전극(102), 및/또는 제3 전극(103)에 인가될 수 있다. 본 기술 분야의 당업자는 미소 기전 시스템 기기(100)의 어떠한 구성에 대하여서도 전압의 적합한 크기 및 주파수가 산출될 수 있음을 이해할 것이다. 예컨대, 특정 실시예에서, 제1 전극(101), 제2 전극(102), 및 제3 전극(103) 중의 적어도 하나에 인가된 전압은 약 10 볼트 내지 50 볼트 범위의 크기와 약 100 Hz 내지 10 MHz 범위의 주파수를 갖는다. 이러한 예의 범위는 적합한 크기 및 주파수의 가능한 범위에 대한 한정치가 아니며, 다른 실시예에서는 상이한 크기 및 주파수가 사용된다.

<80> 본 명세서에 설명된 바와 같은 원리에 따라 동작하는 미소 기전 시스템 기기에서 제1 전극(101), 제2 전극(102), 및 제3 전극(103)에 인가된 전압의 세부 사항은 광범위하게 변화될 수도 있다. 전극(101, 102, 103)에 인가된 전압은 본 명세서에 설명된 예와 상이하게 될 수도 있으며, 본 명세서에 설명된 예는 예시를 위해 제공된 것일뿐 본 발명의 사상을 제한하기 위한 것은 아니다. 예컨대, 인가된 전압의 크기, 듀레이션, 주파수, 인가 순서, 및 기타 특성은 광범위하게 상이할 수도 있다. 미소 기전 시스템 기기(200)의 상이한 실시예에서는 다수의 다른 전압 조합이 가능하다.

- <81> 도 9a 및 도 9b는 해방 상태(도 9a) 및 구동 상태(도 9b)에 있는 미소 기전 시스템 기기(200)의 또 다른 실시예의 측단면도를 예시한다. 미소 기전 시스템 기기(200)는 기관층(220) 상에 제조되며, 광학층(224), 유전체층(228), 기계적 특성의 층(232)을 포함한다. 기관층(220), 광학층(224), 및 유전체층(228)은 전반적으로 도 8a 및 도 8b를 참조하여 설명된 미소 기전 시스템 기기(100)에서의 각각의 층(120, 124, 128)과 동일한 특성 및 외형적 특징을 갖는다. 기계적 특성의 층(232)은 하나 이상의 지지 포스트(236a, 236b)를 포함하며, 특별하게 언급된 경우를 제외하고는 기계적 특성의 층(132)과 동일한 특성을 갖는다.
- <82> 도 9a 및 도 9b에 도시된 실시예에서, 반사 소자(107)는 기계적 특성의 층(232)과 유전체층(228) 사이에 위치한 미러(275)를 포함한다. 특정 실시예에서, 미러(275)는 전반적으로 기계적 특성의 층(232)에 평행한 상태로 이격되어 있다. 반사 소자(107)는 지지 연결부(277)를 포함하며, 이 지지 연결부는 미러(275)를 기계적 특성의 층(232)에 기계적으로 연결시키고, 미러(275)에 대한 전기 접속을 제공한다. 도 9a 및 도 9b에 도시된 실시예에서, 미러(275) 및 지지 연결부(277)는 예컨대 알루미늄, 니켈, 인듐-주석-산화물, 또는 폴리브덴과 같은 전기 도전성 재료를 포함한다. 기계적 특성의 층(232)의 일부분(279)은, 미러(275)와 기계적 특성의 층(232) 간에 전기 절연을 제공하도록 구성된 전기적으로 비도전성의 재료를 포함한다. 본 실시예에서, 미러(275)는 기계적 특성의 층(232)에 기계적으로 연결되지만, 전기적으로는 절연된다.
- <83> 도 9a 및 도 9b에 도시된 미소 기전 시스템 기기의 실시예에서, 미러(275)는 반사 소자(107)의 반사 표면을 포함하며, 반사 소자의 반사 표면은 전기적인 도전성 및 높은 반사성을 나타내며, 예컨대 알루미늄과 같은 높은 도전성 및 반사성 금속으로 구성될 것이다. 본 실시예에서, 기계적 특성의 층(232)의 하위 표면은 반사성을 나타내도록 구성되지 않는다. 도 9a 및 도 9b의 실시예에서, 광학층(224)은 제1 전극(101)을 포함한다. 지지 구조체(105)는 기계적 특성의 층(232) 및 지지 포스트(236a, 236b)를 포함하며, 기계적 특성의 층(232)은 제2 전극(102)을 포함한다. 미러(275)는 제3 전극(103)을 포함한다.
- <84> 도 8a 및 도 8b를 참조하여 설명된 바와 같이, 기계적 특성의 층(232)과 광학층(224) 간에 인가된 전압차는 기계적 특성의 층(232)이 해방 상태(도 9a)로부터 구동 상태(도 9b)로 변형되도록 할 수 있다. 반사 소자(107)는 해방 상태(도 9a)에 있는 제2 위치로부터 구동 상태(도 9b)에 있는 제1 위치로 이동한다. 구동 상태에서, 반사 소자(107)는 미소 기전 시스템 기기(200)의 일부분(113)과 접촉하게 되며, 그 사이에 접촉력이 생성된다.
- <85> 미소 기전 시스템 기기(200)의 일부 실시예에서, 제1 전극(101), 제2 전극(102), 및 제3 전극(103)에 인가된 전압은 반사 소자가 제1 위치에 있는 동안(도 9b)에 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 상쇄한다. 도 8a 및 도 8b를 참조하여 추가로 설명한 바와 같이, 인가된 전압은 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키는 탄성 변형 또는 탄성 발진을 유도할 수도 있다. 미소 기전 시스템 기기(200)의 특정 실시예에서, 전압 중의 하나 이상이 시간에 따라 변화한다. 이들 실시예의 일부에서, 시간 가변 전압은 하나 이상의 주파수를 포함하는 전압을 포함할 것이다. 시간 가변 전압의 주파수는 반사 소자(107)의 기계적인 공진 주파수가 되도록 또는 반사 소자(107)에 포함된 탄성 발진의 진폭을 증가시키도록 선택될 수도 있다. 다른 실시예에서, 하나 이상의 짧은 듀레이션 전압 펄스가 전극(101, 102, 103) 중의 적어도 하나에 인가될 수도 있다. 예컨대, 일 실시예에서, 하나 이상의 전압 펄스가 제1 위치에 있는 동안의 미러(275)에 인가되어, 미소 기전 시스템 기기(200)의 일부분(113)으로부터의 반사 소자(107)의 해제를 용이하게 하는 발진, 진동 또는 가속을 유도한다. 다른 실시예에서, 전극(101, 102, 103)에 인가된 전압은 전술한 전압의 조합을 포함하도록 선택될 수도 있다. 예컨대, 일 실시예에서, 3개의 전극 중의 임의의 전극 또는 3개의 전극 모두에 하나 이상의 전압 펄스가 인가되는 동안 전극들 중의 하나에 발진 전압이 인가된다. 전극(101, 102, 103)에 인가된 전압은 본 명세서에 설명된 예와 상이하게 될 수도 있으며, 미소 기전 시스템 기기(200)의 다른 실시예에서는 이들의 다수의 다른 변형 및 조합이 가능하다.
- <86> 도 10a 및 도 10b는 해방 상태(도 10a) 및 구동 상태(도 10b)에 있는 미소 기전 시스템 기기(300)의 또 다른 실시예의 측단면도를 도시하고 있다. 미소 기전 시스템 기기(300)는 기관층(320) 상에 제조되며, 광학층(324), 유전체층(328), 및 기계적 특성의 층(332)을 포함한다. 기관층(320), 광학층(324), 유전체층(328)은 도 8a 및 도 8b를 참조하여 설명된 미소 기전 시스템 기기(100)의 각각의 층(120, 124, 128)과 전반적으로 동일한 특성 및 외형적 특징을 갖는다. 기계적 특성의 층(332)은 하나 이상의 지지 포스트(336a, 336b)를 포함하며, 특별하게 언급된 경우를 제외하고는 전반적으로 기계적 특성의 층(132)과 동일한 특성을 갖는다.
- <87> 도 10a 및 도 10b에 도시된 실시예에서, 반사 소자(107)는 기계적 특성의 층(332)과 유전체층(328) 사이에 위치한 미러(375)를 포함한다. 특정 실시예에서, 미러(375)는 기계적 특성의 층(332)에 전반적으로 평행한 상태로 이격되어 있다. 반사 소자(107)는 미러(375)를 기계적 특성의 층(332)에 기계적으로 연결하는 지지 연결부(377)를 포함한다. 도 10a 및 도 10b에 도시된 실시예에서, 미러(375) 및 지지 연결부(377)는 예컨대

알루미늄, 니켈, 인듐-주석-산화물, 몰리브덴 등의 전기적으로 도전성의 재료를 포함한다. 미소 기전 시스템 기기(200)(도 9a 및 도 9b)와는 달리, 도전성 지지 포스트(377)는 미러(375)를 기계적 특성의 층(332)에 전기적으로 연결시킨다. 그러므로, 본 실시예에서, 미러(375)는 기계적 특성의 층(332)에 기계적으로 및 전기적으로 연결된다.

<88> 미소 기전 시스템 기기의 본 실시예에서, 미러(375)는 전기적인 도전성 및 높은 반사성을 나타내며, 예컨대 알루미늄과 같은 도전성 및 반사성이 높은 금속으로 구성될 수 있다. 본 실시예에서, 기계적 특성의 층(332)의 하위 표면은 반사성을 나타내도록 구성되지 않는다. 도 10a 및 도 10b의 실시예에서, 광학층(324)은 제1 전극(101)을 포함한다. 지지 구조체(105)는 기계적 특성의 층(332) 및 지지 포스트(336a, 336b)를 포함한다. 기계적 특성의 층(332) 및 미러(375)는 제2 전극(102)을 포함한다. 도 10a 및 도 10b에 도시된 바와 같이, 각각의 지지 포스트(336a, 336b)는 전기 도전성 부분을 포함한다. 미소 기전 시스템 기기(300)의 제3 전극(103)은 이들 전기 도전성 부분을 포함한다. 본 실시예에서 또한 도 8a 및 도 8b에 도시된 미소 기전 시스템 기기(100)와는 달리, 지지 포스트(336a, 336b)의 도전성 부분은 미러(375)에 대해 실질적으로 대칭으로 위치되어, 반사 소자(107)에 대해 실질적으로 대칭으로 위치된 제3 전극을 제공한다.

<89> 도 8a 내지 도 9b를 참조하여 전술한 바와 같이, 기계적 특성의 층(332)과 광학층(224) 사이에 인가된 전압차는 기계적 특성의 층(232)이 해방 상태(도 10a)에서 구동 상태(도 10b)로 변형하도록 할 수 있다. 반사 소자(107)는 해방 상태(도 10a)의 제2 위치에서 작동 상태(도 10b)의 제1 위치로 이동한다. 구동 상태에서, 반사 소자(107)는 미소 기전 시스템 기기(200)의 일부분(113)과 접촉하며, 그 사이에 접촉력이 생성된다.

<90> 전극(101, 102, 103)에 전압을 인가함으로써, 미소 기전 시스템 기기(300)는 반사 소자(107)와 미소 기전 시스템 기기(300)의 일부분(113) 사이의 접촉력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 또는 상쇄할 수 있다. 전압은 접촉력의 감소를 달성하기 위해 미소 기전 시스템 기기(100, 200)에 대해 설명된 것과 실질적으로 동일한 방식으로 미소 기전 시스템 기기(300)에 인가될 수도 있다.

<91> 도 10b는 지지 포스트(336a, 336b)의 도전성 부분이 서로 동일한 전기 전위로 유지되는 미소 기전 시스템 기기(300)의 실시예를 도시하고 있다. 본 실시예에서, 미러(375)와 지지 포스트(336a, 336b)의 전기 도전성 부분 사이에는 각각 한 쌍의 정전기력(356a, 356b)이 생성된다. 전기 도전성 부분(336a, 336b)이 실질적으로 대칭을 이루도록 배치되고 또한 이들이 동일한 전기 전위로 유지되기 때문에, 정전기력(356a)의 크기는 정전기력(356b)의 크기와 실질적으로 동일하다. 각각의 정전기력(356a, 356b)은 각각 평행 방향의 힘 성분(360a, 360b)과 직각 방향의 힘 성분(364a, 364b)으로 분해될 수 있다. 정전기력(356a, 356b)(또는 이들의 성분 360a, 360b 및 364a, 364b)은 미러(375)에 작용하는 순수한 힘(net force)을 생성하기 위해 벡터로 함께 합해질 수 있다. 미소 기전 시스템 기기(300)의 지지 포스트(336a, 336b)의 전기 도전성 부분이 동일한 전위로 유지되고 또한 미러(375)에 관하여 실질적으로 대칭으로 위치되므로, 평행 방향의 힘 성분(360a, 360b)은 실질적으로 크기가 동일하지만 방향은 반대이다. 따라서, 미러(375)에 작용하는 순수한 평행 방향의 힘 성분은 실질적으로 영(0)이다. 본 실시예에서, 직각 방향의 힘 성분(364a, 364b)은 크기가 실질적으로 동일하지만, 동일한 방향을 향하고 있다. 따라서, 반사 소자(107)에 작용하는 순수한 정전기력은 미소 기전 시스템 기기(300)의 일부분(113)을 포함하는 평면에 실질적으로 직각을 이룬다.

<92> 미소 기전 시스템 기기(300)의 일부 실시예에서, 반사 소자(107)의 순수한 정전기력이 반사 소자(107)와 미소 기전 시스템 기기(300)의 일부분(113) 사이의 접촉력의 적어도 부분적인 감소를 야기하도록 전극(101, 102, 103)에 전압이 인가된다. 도 8a 내지 도 9b를 참조하여 본 명세서에서 설명된 바와 같이, 인가 전압은 접촉력을 적어도 부분적으로 감소시키는 반사 소자(107)의 탄성 변형 또는 탄성 발진을 유도할 수도 있다. 미소 기전 시스템 기기(300)의 특정 실시예에서, 전압 중의 하나 이상이 시간에 따라 변화하며, 하나 이상의 주파수를 포함하는 전압을 포함할 수 있다. 시간 가변 전압의 주파수는 미소 기전 시스템 기기(300)의 기계적인 공진 주파수가 되도록 또는 미소 기전 시스템 기기(300)에서 유도된 탄성 발진의 진폭을 증가시키도록 선택될 수도 있다. 다른 실시예에서, 하나 이상의 짧은 듀레이션 전압 펄스가 전극(101, 102, 103) 중의 하나에 인가될 수도 있다. 예컨대, 일 실시예에서, 반사 소자(107)가 제1 위치(도 10b)에 있는 동안 제3 전극에 하나 이상의 전압 펄스가 인가되어, 미소 기전 시스템 기기(300)의 일부분(113)으로부터 반사 소자(107)의 해제를 용이하게 하는 발진 또는 가속을 유도할 수도 있다. 또 다른 실시예에서, 반사 소자(107)의 진동을 화살표 "380"으로 나타낸 전반적으로 수직의 방향으로 유도시키기 위해 전압이 인가된다. 또 다른 실시예에서, 전극(101, 102, 103)에 인가된 전압은 전술한 발진 또는 가속의 조합을 유도시키도록 선택될 수도 있다. 예컨대, 일 실시예에서, 3개의 전극 중의 임의의 전극 또는 3개의 전극 모두에 하나 이상의 전압 임펄스가 인가되는 동안, 전극들 중의 하나에 발진 전압이 인가된다. 전극(101, 102, 103)에 인가된 전압은 본 명세서에 예시된 예와 상이할 수도 있으며, 미소

기전 시스템 기기(300)의 상이한 실시예에서는 다수의 다른 변형 및 조합이 가능하다.

- <93> 미소 기전 시스템 기기(300)의 다른 실시예에서, 지지 포스트(336a)의 전기 도전성 부분은 지지 포스트(336b)의 전기 도전성 부분과 상이한 전기 전위로 유지될 수도 있다. 이들 실시예에서, 정전기력(356a, 356b)은 실질적으로 동일한 크기로 되지 않을 것이다. 따라서, 반사 소자(107)의 순수한 정전기력은 순수한 평행 방향의 힘 성분을 포함할 것이다. 지지 포스트(336a, 336b)의 도전성 부분의 각각에 인가된 전기 전위의 값을 적절하게 선택함으로써, 양방향 화살표 "384"로 나타낸 방향 중의 적어도 한 방향으로 순수한 평행 방향의 힘 성분이 생성될 수 있다. 따라서, 반사 소자(107)는 화살표 "384"의 2개의 방향을 따라 발진 또는 진동하도록 될 수도 있다. 인가된 전압은 반사 소자(107)의 탄성 변형 또는 탄성 발진을 유도하도록 선택된 주파수를 갖는 시간 가변 성분을 가질 수도 있다. 일부 실시예에서, 주파수는 반사 소자(107)의 기계적 공진 주파수와 실질적으로 부합하도록 또는 진폭이 증가된 발진을 야기하도록 선택될 수도 있다. 특정 실시예에서, 양방향 화살표 "384"의 2개의 방향으로 반사 소자(107)의 주기적인 변위가 발생하도록, 지지 포스트(336a, 336b)의 전기 도전성 부분과 반사 소자(107) 간의 전압이 순환(cycle)된다. 이러한 주기적인 변위는 점착력을 적어도 부분적으로 감소시킬 것이며, 반사 소자(107)가 미소 기전 시스템 기기(300)의 일부분(113)으로부터 해제되는 것을 지원한다.
- <94> 도 10a 및 도 10b가 2개의 지지 포스트(336a, 336b)의 전기 도전성 부분을 포함하는 제3 전극(103)을 예시하고 있지만, 다른 실시예에서는 제3 전극(103)이 추가의 지지 포스트(및/또는 다른 적합한 지지 요소)의 전기 도전성 부분을 포함하는 것도 가능하다. 특정 실시예에서, 제3 전극(103)은, 예컨대 2개의 지지 포스트(226a, 336b) 및 도 10a 및 도 10b에 도시된 단면의 평면에 수직을 이루는 평면에 위치되는 실질적으로 유사한 2개의 지지 포스트와 같은, 미러(375) 둘레에 실질적으로 대칭으로 배치된 4개의 지지 포스트의 전기 도전성 부분을 포함한다. 각각의 지지 포스트의 전기 도전성 부분에 인가된 전압은 화살표(380, 384)(전술한 바와 같은)의 방향으로뿐만 아니라 서로 수직을 이루는 방향으로(예컨대, 도 10a 및 도 10b의 평면 내로 또는 평면 외부로) 변위, 발진, 및/또는 진동을 유도하기 위해 사용될 수 있다. 본 기술 분야의 당업자는, 본 명세서에 설명된 바와 같은 적합한 전압(시간 가변 전압 및 임펄스 전압을 포함)을 인가함으로써, 반사 소자(107)가 구동 상태(예컨대, 도 10b)에 있는 동안 점착력이 적어도 부분적으로 감소되거나 상쇄되어 해방 상태(예컨대, 도 10a)로 이동하는 것을 지원할 수 있다는 것을 이해할 것이다. 제3 전극의 구성 및 인가 전압에 대한 다수의 변형이 가능하며, 본 명세서에 설명된 예시 실시예는 본 발명의 사상에 대한 제한으로서 간주되지 않는다.
- <95> 미소 기전 시스템 기기(300)의 다른 실시예에서, 지지 포스트(336a, 336b)의 전기 도전성 부분은 반사 소자에 대해 실질적으로 대칭으로 위치되지 않는다. 이들 실시예에서, 정전기력(356a, 356b)은 일반적으로 도전성 부분이 동일한 전기 전위로 유지되는 경우에도 크기가 실질적으로 동일하지 않을 것이다. 일부 실시예에서, 하나 이상의 도전성 부분이 지지 포스트(336a, 336b) 내에 실질적으로 센터링되지 않도록 미소 기전 시스템 기기(300)를 제조함으로써 비대칭적인 위치설정이 제공된다.
- <96> 특정의 바람직한 실시예에서, 미소 기전 시스템 기기(300)에 인가된 전압은 각각 화살표 "384" 및 "380"으로 나타낸 바와 같은 평행 및 직각 방향으로 반사 소자(107)의 변위, 변형, 발진 또는 진동을 유도하도록 선택될 수도 있다. 이들 실시예의 일부에서, 시간 가변 전압은 평행 및 직각 방향에서의 공진 발진 또는 진폭이 증가된 발진을 유도하기 위해 하나 이상의 주파수를 갖는 전압을 포함할 수도 있다. 다른 실시예에서, 하나의 방향으로 변위 또는 가속을 유도하기 위해 짧은 듀레이션 전압 펄스가 인가되는 한편, 다른 방향으로 발진 또는 진동을 유도하기 위해 발진 전압이 인가된다. 다른 실시예에서, 인가된 전압은 이들 효과의 조합을 발생하기 위해 순환된다. 다수의 다른 변형도 가능하다.
- <97> 도 11a 및 도 11b는 구동 상태에 있는 탄성적으로 변형 가능한 반사 소자(107)를 갖는 미소 기전 시스템 기기(400)의 실시예의 일부분에 대한 측단면도이다. 반사 소자(107)는 미소 기전 시스템 기기(400)의 일부분(113)과 접촉하는 제1 위치에 있다. 도 11a에서, 제3 전극(103)과 반사 소자(107) 사이에는 전기 전위차가 인가되지 않는다. 반사 소자(107)의 미러(475)는 미소 기전 시스템 기기(400)의 일부분(113)에 실질적으로 평행을 이루는 거의 평탄한 구성으로 배향된다. 도 11a에 도시된 바와 같이, 반사 소자(107)와 접촉하고 있는 미소 기전 시스템 기기의 일부분(113)은 접촉 영역(413)을 형성한다.
- <98> 도 11b는 제3 전극(103)과 반사 소자(107) 사이에 전기 전위차가 형성된 후의 도 11a의 미소 기전 시스템 기기(400)의 구성을 도시하고 있다. 제3 전극(103)과 반사 소자(107) 사이의 정전기력은 반사 소자(107)의 일부분(490)이 미소 기전 시스템 기기(400)의 일부분(113)과 전반적으로 직각을 이루는 방향으로 탄성적으로 변형하도록 한다. 반사 소자(107)의 말단부(490)는 미소 기전 시스템 기기(400)의 일부분(113)과 더 이상 접촉하지 않는다. 반사 소자(107)와 미소 기전 시스템 기기(400)의 일부분(113) 간의 접촉 영역(413)이 감소되며, 따라서

반사 소자(107)와 미소 기전 시스템 기기(400)의 일부분(113) 사이의 접촉력이 감소된다. 접촉력의 감소는 미소 기전 시스템 기기(400)의 일부분(113)으로부터의 반사 소자(107)의 해제를 용이하게 하고, 미소 기전 시스템 기기(400)의 동작을 용이하게 한다. 반사 소자(107)가 접촉 상태에 있던 미소 기전 시스템 기기(400)의 일부분(113)으로부터 해제된 후, 제3 전극(103)과 반사 소자(107) 간의 전위차는 미소 기전 시스템 기기(400)의 특정 실시예에서는 영(0)으로 감소된다. 미소 기전 시스템 기기(400)의 일부분(113)으로부터 해제된 후, 일반적으로, 반사 소자(107)의 말단부(490)는, 캐비티(444)가 미소 기전 시스템 기기(400)에 입사하는 광에 적합한 광학 간섭을 제공하도록, 광학층(424)을 포함하는 평면에 실질적으로 평행을 이루는 방향으로 복귀한다.

<99> 미소 기전 시스템 기기의 다른 실시예에서, 도 11b에 도시된 변형에 추가하여 또는 변형 대신에, 전극(101, 102, 103)에 인가된 전압들은, 반사 소자(107)가 본 명세서에서 설명한 바와 같이 제1 위치에 있는 동안 반사 소자(107)의 탄성 발진, 진동, 공진 또는 다른 유형의 변위를 야기할 수도 있다. 이러한 움직임은 일반적으로 평행한 방향, 직각을 이루는 방향, 또는 이들의 조합으로 이루어질 수도 있다. 전압에 의해 유도된 움직임은, 예컨대 반사 소자(107)와 미소 기전 시스템 기기(400)의 일부분(113) 사이의 접촉 면적으로 감소시킴으로써, 점착에 대하여 부분적으로 책임이 있는 분자간의 힘의 크기를 감소시킴으로써, 또는 여러 가지 다른 물리적인 근거로 반사 소자(107)와 미소 기전 시스템 기기(400)의 일부분(113) 간의 접촉력을 적어도 부분적으로 감소시킬 수 있다.

<100> 특정 실시예에서는 제3 전극(103)이 반사 소자(107)에 대해 실질적으로 대칭으로 위치되며(예컨대, 도 10a 및 도 10b에 도시된 바와 같이), 한편 다른 실시예에서는 제3 전극(103)이 반사 소자(107)에 대해 비대칭으로 위치될 수도 있다(도 8a 및 도 8b에 도시된 바와 같이). 미소 기전 시스템 기기(400)의 일부분(113)에 전반적으로 평행한 방향으로의 반사 소자(107)의 변위를 감소시키는 것이 이로운 미소 기전 시스템 기기의 실시예에 대해서는 대칭적인 위치가 선택될 수도 있다. 이와 달리, 평행 방향의 변위 또는 진동을 제공하는 것이 이로운 실시예에 대해서는 비대칭 위치가 선택될 수도 있다. 다양한 미소 기전 시스템 기기 아키텍처에서는 제3 전극(103)의 대칭 또는 비대칭 위치설정이 상이한 방식으로 달성될 수 있다. 예컨대, 제3 전극(103)이 하나 이상의 지지 포스트(예컨대, 도 10a 및 도 10b에 도시된 포스트(336a, 336b))의 전기 도전성 부분을 포함하는 실시예에서, 지지 포스트의 위치는 반사 소자(107)에 대하여 대칭 또는 비대칭되도록 선택될 수 있다. 다른 실시예에서, 지지 포스트는 대칭으로 위치될 수 있지만, 그 포스트 내의 전기 도전성 부분의 위치는 예컨대 하나 이상의 도전성 부분을 지지 포스트의 중심축으로부터 떨어지도록 배치함으로써 비대칭이 될 수도 있다.

<101> 도 11a 및 도 11b에 의해 개략적으로 예시한 실시예에서, 지지 포스트(436a)의 전기 도전성 부분은 실질적으로 지지 포스트(436a)의 중심축을 따라 배치된다. 도전성 부분은 다른 실시예에서는 중앙축으로부터 떨어져 배치될 수도 있다. 도 11a 및 도 11b에 도시된 바와 같이, 도전성 부분은 실질적으로 지지 포스트(436a)의 전체 길이를 연장한다. 일부 실시예에서, 지지 포스트(436a)의 상단부(492)는 기계적 특성의 층(432)을 지나 연장한다. 도 11a 및 도 11b에 도시된 미소 기전 시스템 기기(400)에서, 제3 전극(103)의 도전성 부분의 하단부(494)는 유전체층(428)을 향해 연장한다. 하단부(494)의 위치는 다른 실시예에서는 상이할 수도 있다. 하단부(494)의 위치는 상이한 양의 반사 소자(107)의 변형을 제공하기 위해 반사 소자(107)에 가해지는 상이한 크기 및/또는 방향의 정전기력을 제공하도록 선택될 수도 있다.

<102> 제3 전극(103)은 도 8a 내지 도 11b에 도시된 것과 상이하게 구성될 수도 있다. 예컨대, 상이한 미소 기전 시스템 기기 아키텍처에서, 제3 전극(103)은 예컨대 지지 포스트, 기계적 특성의 층, 미러, 또는 미소 기전 시스템 기기의 다른 부분을 포함한 미소 기전 시스템 기기의 1개, 2개, 3개, 4개 또는 그 이상의 전기 도전성 부분을 포함할 수도 있다. 일부 실시예에서, 미소 기전 시스템 기기의 일부분(113)으로부터 반사 소자(107)의 해제를 용이하게 하기 위해 이용되는 정전기력은 전극(101, 102, 103)뿐만 아니라 다른 전극에 의해서도 제공될 수 있다. 일 실시예에서, 예컨대, 제3 전극(103)은 반사 소자(107)의 각각의 측면 부근에 각각 위치된 복수의 전극을 포함한다. 이들 전극에 적합하게 전압을 인가함으로써, 반사 소자(107)는 미소 기전 시스템 기기의 일부분(113)에 직각을 이루는 제1 방향(도 10b에서 화살표 "380"으로 나타냄)뿐만 아니라 미소 기전 시스템 기기의 일부분(113)에 실질적으로 평행을 이루는 제2 및 제3 방향(예컨대, 도 10b에서 화살표 "384"로 나타낸 제2 방향, 및 도 10b의 평면 내로 또는 외부로의 상호 직각을 이루는 제3 방향)을 포함한 복수의 방향으로 발진 또는 진동하도록 유도될 수 있다.

<103> 도 12a 내지 도 12d는 본 명세서에 개시된 각종 실시예에 따른 반사 소자(107)의 각종 구성의 측면면도이다. 특정 실시예에서, 반사 소자(107)는 하나 이상의 층을 포함한다. 도 12a에 도시된 반사 소자(107)는 제1 층(510) 위에 배치된 제2 층(514)을 포함한다. 이들 층은 상이한 재료를 포함할 수도 있으며, 상이한 기계적 및 전기적 특성을 갖는다. 일부 실시예에서, 제1 층(510)은 간섭계 캐비티의 반사성이 높은 부분이 되도록 구성되

며, 제2 층(514)은 반사 소자(107)에 구조적인 강성을 제공하도록 구성된다. 이들 실시예에서, 제1 층(510)은 알루미늄과 같은 반사성이 높은 금속을 포함하며, 제2 층(514)은 유전체 재료 및/또는 제1 층(510)의 적어도 일부분 위에 적층될 수도 있는 알루미늄 합금 또는 니켈 등의 강성의 재료를 포함한다. 특정 실시예에서, 이들 층 중의 하나 이상의 층의 적어도 일부분은 전기적으로 도전성이 될 수 있다. 특정의 이러한 실시예에서, 전극(101, 102, 103) 중의 하나 이상이 이들 층의 전기 도전성 부분의 적어도 일부분을 포함할 수도 있다. 일부 실시예에서, 제1 층(510)은 제2 층(514)과 상이한 두께를 갖도록 구성될 수도 있다. 예컨대, 도 12a에 개략적으로 도시된 바와 같이, 제1 층(510)은 제2 층(514)보다 두껍게 형성된다. 제1 층(510)의 적어도 일부분은 탄성적으로 가요성을 갖도록 구성될 수도 있다. 예컨대, 도 12a의 반사 소자(107)의 제1 층(510)의 말단부(590)는 제2 층(514)에 비해 증가된 탄성 가요성을 갖도록 구성될 수도 있다. 제1 층(510)의 가요성은, 정전기력이 반사층(107)의 말단부(590)의 탄성 변형을 야기하는 도 11a 및 도 11b에 도시된 미소 기전 시스템 기기(400)와 같은 실시예에서는 장점이 된다. 도 12a에 도시된 실시예에서, 제1 층(510)의 말단부(590)의 두께는 제2 층(514)의 두께와 대략 동일하다. 다른 실시예에서는 상이한 층 두께가 사용될 수도 있다. 특정 실시예에서, 제1 층(510)은 제2 층(514)보다 더 얇다. 다른 실시예에서, 제1 층(510)의 적어도 말단부(590)는 제2 층(514)보다 더 얇다. 예컨대, 특정의 이러한 실시예에서, 말단부(590)의 두께는 반사 소자(107)의 중앙부의 두께의 약 1/3 내지 1/2의 범위로 된다.

<104> 일부 실시예에서, 반사 소자(107)의 두께는 균일하지 않다. 도 12b는 말단부(590)가 중앙부(591)보다 더 얇도록 구성되는 반사 소자(107)의 측단면도이다. 전술한 바와 같이, 더 얇은 말단부(590)는 반사 소자(107)의 탄성 변형을 용이하게 할 것이다. 일부 실시예에서, 전극(101, 102, 103)에 인가된 전압에 의해 여기될 수 있는 적합한 기계적 공진 주파수를 제공하기 위해 반사 소자(107)의 중앙부(591)에서 말단부(590)로의 테이퍼링(tapering)이 선택될 수도 있다. 특정 실시예에서, 말단부(590)의 두께는 반사 소자(107)의 중앙부의 두께의 약 1/3 내지 1/2의 범위로 되지만, 다른 두께 및 다른 테이퍼링이 이용될 수 있다.

<105> 도 12c는 하나 이상의 연장부(592)가 반사 소자(107) 상에 배치되는 반사 소자(107)의 측단면도이다. 도 12c에 도시된 바와 같이, 연장부(592)는 반사 소자(107)의 말단부(590) 상에 또는 말단부(590) 부근에 위치되지만, 다른 실시예에선 연장부(592)는 다른 위치에 배치될 수도 있다. 일부 실시예에서, 연장부(592)는 전기적으로 도전성이며, 연장부(592)와 미소 기전 시스템 기기의 다른 부분(예컨대, 제1 전극(101) 또는 제2 전극(102)) 사이에 전압차가 인가될 때에 미소 기전 시스템 기기의 다른 부분에 대한 증가된 정전 인력을 제공할 수도 있다. 일부 실시예에서, 반사 소자(107)의 상위 표면 위의 연장부(592)의 높이는 반사 소자(107)의 중앙부의 높이의 약 1/3 내지 1/2 범위로 되지만, 다른 높이가 이용될 수도 있다.

<106> 도 12d는 2개의 층(510, 514) 및 연장부(592)를 포함하는 반사 소자(107)의 측단면도이다. 본 실시예에서, 연장부(592)는 제1 층(510) 상에 배치되지만, 다른 실시예에서는 제2 층(514) 상에 배치될 수도 있다. 층(510, 514) 및 연장부(592)의 두께는 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키는 것을 지원하는 적합한 전기적 및/또는 구조적 특성을 제공하도록 선택될 수 있다.

<107> 도 12a 내지 도 12d에 도시된 구성 및 배향은 발명을 이러한 것으로 한정하기 위한 것은 아니다. 반사 소자(107)의 다른 실시예는 도 12a 내지 도 12d에 도시된 외형적 특징의 하나 이상을 조합하여 구성될 수도 있고, 또는 상이하게 구성될 수도 있다. 다수의 변형이 가능하다.

<108> 본 명세서에 설명된 원리에 따라 동작하는 간접계 변조기의 구조의 세부구성은 다양하게 변화될 수도 있다. 예컨대, 도 13a 내지 도 13c는 해방 상태에 있는 미소 기전 시스템 기기의 상이한 실시예를 예시하고 있다. 도 13a는, 기관층(620) 상에 제조되고, 광학층(624), 유전체층(628), 및 기계적 특성의 층(632)을 포함하는 미소 기전 시스템 기기(600a)를 도시하고 있다. 기관층(620), 광학층(624), 및 유전체층(628)은 전반적으로 도 8a 및 도 8b를 참조하여 설명된 미소 기전 시스템 기기(100)의 각각의 층(120, 124, 128)과 동일한 특성 및 외형적 특징을 갖는다. 기계적 특성의 층(632)은 하나 이상의 지지 포스트(636a, 636b)를 포함하며, 특별하게 언급된 경우를 제외하고는 전반적으로 기계적 특성의 층(132)(도 8a 및 도 8b)과 동일한 특성을 갖는다.

<109> 도 13a에 도시된 실시예에서, 반사 소자(107)는 기계적 특성의 층(632) 및 유전체층(628)에 전반적으로 평행한 상태로 이격되어 있다. 반사 소자(107)는 미러(675)를 기계적 특성의 층(632)에 기계적으로 연결시키는 지지 연결부(677)를 포함한다. 도 13a에 도시된 실시예에서, 미러(675) 및 지지 연결부(677)는 예컨대 알루미늄, 니켈, 인듐-주석-산화물, 또는 몰리브덴과 같은 전기 도전성 재료를 포함한다. 기계적 특성의 층(632)의 일부분(679)은 전기적으로 비도전성의 재료를 포함하며, 미러(675)와 기계적 특성의 층(632) 사이에 전기 절연을 제공하도록 구성된다. 본 실시예에서, 미러(675)는 기계적 특성의 층(632)에 기계적으로 연결되지만, 전기적으로는

절연된다.

- <110> 미소 기전 시스템 기기의 본 실시예에서, 반사 소자(107)의 미러(675)는 전기 도전성 및 높은 반사성을 나타내며, 예컨대 알루미늄과 같은 전도성 및 반사성이 높은 재료로 구성될 수도 있다. 본 실시예에서, 기계적 특성의 층(632)의 하위 표면(648)은 반사성을 나타내도록 구성되지 않는다. 광학층(624)은 제1 전극(101)을 포함한다. 지지 구조체(105)는 기계적 특성의 층(632) 및 지지 포스트(636a, 636b)를 포함한다. 도 13a에 도시된 바와 같이, 미소 기전 시스템 기기의 제3 전극(103)은 지지 포스트(636a, 636b)의 전기 도전성 부분을 포함한다.
- <111> 도 13a 내지 도 13d에 도시된 미소 기전 시스템 기기의 특정 실시예에서, 미러(675)는 전기적으로 도전성을 나타내며, 3개의 전극(101, 102, 103)에 독립적인 전기 전압 또는 전류 소스에 연결된다. 이들 실시예에서, 광학층(624), 기계적 특성의 층(632), 및 미러(675)에 상이한 전압이 인가되어, 미러 표면(예컨대, 반사 소자(107))의 이동이 이들 인가 전압에 의해 조절될 수 있는 관계(tunable relationship)를 갖는 조절 가능한 간섭계 캐비티(644)를 제공한다. 조절 가능한 미소 기전 시스템 아키텍처에 관한 추가의 세부구성은 "ANALOG INTERFEROMETRIC MODULATOR DEVICE"를 명칭으로 하여 2005년 6월 3일자로 출원된 미국 특허 출원 번호 11/144,546에 제공되어 있으며, 상기 특허 출원은 그 전체 내용이 본 명세서에 인용되어 있다.
- <112> 전극(101, 102, 103)에 전압을 인가함으로써, 미소 기전 시스템 기기(600a)는 반사 소자(107)와 제1 위치에 있을 때의 미소 기전 시스템 기기의 일부분(113) 간의 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 상쇄할 수 있다. 미소 기전 시스템 기기(100, 200, 300, 400)에 대해 본 명세서에서 설명한 것과 실질적으로 동일한 방식으로 미소 기전 시스템 기기(600a)에 전압을 인가하여, 점착력의 적어도 부분적인 감소를 달성하고 또한 미소 기전 시스템 기기의 일부분(113)으로부터의 반사 소자(107)의 해제를 용이하게 할 수 있다.
- <113> 도 13b는 아래에 설명된 것을 제외하고는 도 13a에 도시된 미소 기전 시스템 기기(600a)와 전반적으로 유사한 미소 기전 시스템 기기(600b)의 또 다른 실시예의 측면면도이다. 본 실시예에서, 반사 소자(107)는 제2 전극(102)을 향해 연장하는 하나 이상의 연장부(692)를 포함한다. 연장부(692)는 미러(675)의 상위 표면 위에 배치될 수도 있다. 일부 실시예에서, 미러(675)의 형상은 도 12c 및 도 12d에 예시된 형상과 전반적으로 유사하다. 연장부(692)는 제2 전극(102)(예컨대, 기계적 특성의 층(632))을 향해 돌출한다. 연장부(692)가 제2 전극(102)에 더 근접하기 때문에, 연장부(692)에 대해 제2 전극(102)에 의해 가해지는 정전기력은 미러(675)의 다른 부분보다 더 크며, 제1 위치에 있을 때의 반사 소자(107)의 해제를 용이하게 할 것이다.
- <114> 도 13c는 아래에 설명된 것을 제외하고는 도 13a 및 도 13b에 도시된 미소 기전 시스템 기기(600a, 600b)와 전반적으로 유사한 미소 기전 시스템 기기(600c)의 또 다른 실시예의 측면면도를 도시하고 있다. 본 실시예에서, 제2 전극(102)은 반사 소자(107)를 향하여 연장하는 하나 이상의 연장부(693)를 갖도록 구성될 수도 있다. 특정 실시예에서, 연장부(693)는 기계적 특성의 층(632)의 표면(648) 위에 배치된다. 제2 전극(102)의 연장부(693)가 반사 소자(107)에 더 근접하여 있으므로, 반사 소자(107)에 대해 제2 전극에 의해 가해지는 정전기력이 더 커지며, 제1 위치에 있을 때의 반사 소자(107)의 해제가 용이하게 될 것이다. 일부 실시예에서는, 제2 전극(102) 및 반사 소자(107) 양자가 각각 연장부(693, 692)를 포함하도록 구성될 수도 있다.
- <115> 도 13b 및 도 13c에 도시된 미소 기전 시스템 기기(600b, 600c)의 일부 실시예에서, 연장부(692, 693) 중의 하나 또는 양자를 예컨대 기계적 특성의 층(632)의 표면(648)과 같은 미소 기전 시스템 기기(600b, 600c)의 다른 부분과의 접촉으로부터 전기적으로 절연시키기 위해 연장부(692, 693) 중의 하나 또는 양자가 유전체 재료로 코팅된다.
- <116> 도 13d는 아래에 설명된 것을 제외하고는 도 13a 내지 도 13c에 도시된 미소 기전 시스템 기기(600a, 600b, 600c)와 전반적으로 유사한 미소 기전 시스템 기기(600d)의 다른 실시예의 측면면도이다. 미소 기전 시스템 기기(600d)에서, 제3 전극(103)은 기계적 특성의 층(632)의 표면(648) 상에 배치되는 연장부로 이루어져 있다. 예컨대, 제3 전극(103)과 제2 전극(102) 사이에 비도전성 재료의 박막층을 제공함으로써 제3 전극(103)이 제2 전극(102)(예컨대, 기계적 특성의 층(632))으로부터 전기적으로 절연된다. 이들 실시예에서, 제3 전극(103)은 반사 소자(107)에 더욱 근접하게 돌출하여, 반사 소자(107)에 대하여 제3 전극(103)에 의해 가해지는 정전기력을 증가시킬 것이며, 반사 소자(107)가 제1 위치에 있을 때에 미소 기전 시스템 기기의 일부분(113)으로부터의 반사 소자(107)의 해제를 용이하게 할 것이다.
- <117> 도 14는 구동 상태 또는 작동 상태의 미소 기전 시스템 기기(700)의 다른 실시예의 측면면도이다. 미소 기전 시스템 기기(700)는 기관층(720) 상에 구성되며, 광학층(724), 유전체층(728) 및 기계적 특성의 층(732)을 포함한다. 기관층(720), 광학층(724) 및 유전체층(728)은 전반적으로 도 8a 및 도 8b를 참조하여 설명한 미소 기전

시스템 기기(100)의 각각의 층(120, 124, 128)과 동일한 특성 및 외형적 특징을 갖는다. 기계적 특성의 층(732)은 하나 이상의 지지 포스트(736a, 736b)를 포함하며, 전반적으로 특별하게 언급된 것을 제외하고는 기계적 특성의 층(132)과 동일한 특성을 갖는다.

<118> 도 14에 도시된 실시예에서, 반사 소자(107)는 예컨대 기계적 특성의 층(732)의 하위 표면(748)의 일부분을 반사성이 높도록 형성함으로써 기계적 특성의 층(732)의 반사 부분을 구성하고 있다. 본 실시예에서, 제1 전극(101)은 광학층(724)을 포함한다. 지지 구조체(105)는 기계적 특성의 층(732) 및 지지 포스트(736a, 736b)를 포함한다. 일부 실시예에서, 기계적 특성의 층(732)의 적어도 일부분은 전기적으로 도전성을 나타내며, 미소 기전 시스템 기기(700)의 제2 전극을 포함한다. 특정 실시예에서, 지지 포스트(736a, 736b)의 일부분은 전기적으로 비도전성을 나타내며, 기계적 특성의 층(732)의 일부분을 미소 기전 시스템 기기(700)의 다른 부분(예컨대, 광학층(724))으로부터 절연시킨다.

<119> 도 14에 도시된 미소 기전 시스템 기기(700)는 지지 포스트(736a, 736b) 위에 배치되는 전극(756a, 756b)을 포함하며, 이들 전극은 전기적으로 비도전성의 영역(758a, 758b)에 의해 미소 기전 시스템 기기(700)의 다른 부분으로부터 전기적으로 절연되어 있다. 일부 실시예에서, 전기적으로 비도전성의 영역(758a, 758b)은 예컨대 유전체막과 같은 유전체 재료를 포함한다. 도 14에 도시된 실시예에서, 제3 전극(103)은 전극(756a, 756b)을 포함한다. 다른 실시예에서의 전극(756a, 756b)은 도 14에 도시된 것과 상이한 형상 및 크기를 가질 수도 있다. 예컨대, 전극(756a, 756b)은 일부 실시예에서는 상대적으로 짧을 수도 있다. 반드시 그러할 필요는 없지만, 각각의 전극(756a, 756b)의 적어도 일부분이 반사 소자(107)의 적어도 일부분 위에 배치되는 것이 바람직하다.

<120> 도 14는 반사 소자(107)가 미소 기전 시스템 기기(700)의 일부분(113)과 접촉하는 제1 위치(작동 상태 또는 구동 상태)에 반사 소자(107)가 있을 때의 미소 기전 시스템 기기(700)를 개략적으로 예시하고 있다. 구체적으로 전술한 바와 같이, 반사 소자(107)는 미소 기전 시스템 기기의 일부분(113)과 접촉하지 않는 제2 위치(비작동 상태 또는 해방 상태)로 이동할 수 있다. 예컨대, 기계적 특성의 층(732)은 제1 위치와 제2 위치 사이에서 이동할 수 있는 금속(예컨대, 알루미늄)과 같은 기계적으로 변형 가능한 재료로 제조될 수도 있다. 미소 기전 시스템 기기(700)가 구동 상태에 있을 때, 기계적 특성의 층(732)은 변형되며, 미소 기전 시스템 기기의 일부분(113)과 지지 포스트(736a, 736b) 사이에 각각 위치되는 만곡 영역(760a, 760b)을 포함한다. 특정 실시예에서, 반사 소자(107)(구동 상태에 있을 때의) 또한 변형되며, 마찬가지로 만곡 영역(760a, 760b)을 포함한다.

<121> 미소 기전 시스템 기기(700)의 일부 실시예에서, 전극(756a, 756b)의 적어도 일부분은 반사 소자(107)가 제1 위치에 있을 때에 반사 소자(107)보다 높게 배치된다. 특정 실시예에서, 각각의 전극(756a, 756b)의 적어도 일부분은, 반사 소자(107)가 제1 위치에 있을 때에 전극의 일부분이 반사 소자(107)의 적어도 일부분 위에(예컨대, 더 높게) 위치되도록, 각각 지지 포스트(736a, 736b)로부터 떨어져 돌출한다(도 14). 특정의 바람직한 실시예에서, 전극(756a, 756b)은 전극(756a, 756b)의 적어도 일부분이 각각 만곡 영역(760a, 760b)의 적어도 일부분의 바로 위에 배치되도록 구성된다.

<122> 미소 기전 시스템 기기(700)의 일부 실시예에서, 반사 소자(107)에 미치는 순수한 정전기력이, 제1 위치에서의 반사 소자(107)에 대한 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 상쇄하도록, 전극(101, 102, 103)에 전압이 인가된다. 상세하게 전술한 바와 같이, 이 전압은 다양한 범위의 주파수 및 크기를 가질 수 있으며, 반사 소자(107)를 제1 위치에서 제2 위치로 이동시키는 것을 지원하기 위해 반사 소자(107)의 변위, 발진 및/또는 진동을 유도하도록 인가될 것이다. 특정 실시예에서, 제3 전극(103)(예컨대, 전극(756a, 756b))과 제2 전극(102)(예컨대, 기계적 특성의 층(732)의 전기 도전성 부분) 사이에 전위차가 인가된다. 이 전위차는 다양한 범위의 크기 및 주파수를 가질 수 있으며, 하나 이상의 비교적 짧은 듀레이션 크기를 포함할 수 있다. 각종 실시예에서, 제3 전극(103)은 디스플레이 어레이(30)를 어레이 드라이버(22)에 연결하는 트레이스 또는 와이어에 의해 하나 이상의 전압원에 전기 접속된다(도 2를 참조). 미소 기전 시스템 기기(700)의 일 실시예에서, 어레이 드라이버(22)는 적합한 전기 신호를 제3 전극(103)에 통신하기 위해 수평열 드라이버 회로(24) 및 수직열 드라이버 회로(26)와 전반적으로 유사한 드라이버 회로를 이용할 수도 있다.

<123> 제2 전극(102)과 제3 전극(103) 사이에 인가된 전압차는 화살표(764a, 764b)에 의해 나타난 순수한 정전기력이 반사 소자(107)에 대하여 작용하도록 한다. 특정의 바람직한 실시예에서, 전극(756a, 756b)의 일부분은 만곡 영역(760a, 760b)의 적어도 일부분의 바로 위에 돌출하여, 순수한 정전기력(764a, 764b)이 만곡 영역(760a, 760b)에서 상당히 큰 직각 성분을 갖게 되고, 이 직각 성분이 반사 소자(107)를 미소 기전 시스템 기기의 일부분(113)으로부터 들어올리게 된다. 특정의 이러한 실시예에서, 정전기력(764a, 764b)은 점착력을 적어도 부분적으로 감소시키거나 상쇄할 것이며, 반사 소자(107)를 제1 위치에서 제2 위치로 이동시키는 것을 지원할 것이

다. 특정 이론에 구애됨이 없이, 만곡 영역(760a)에 가해지는 순수한 정전기력은 반사 소자(107)와 미소 기전 시스템 기기의 일부분(113) 간의 접촉 계면의 가장자리에서 크랙 개구(crack opening)를 유도할 것이다. 이 크랙은 접촉 계면을 가로질러 전파하여, 반사 소자(107)를 미소 기전 시스템 기기의 일부분(113)으로부터 분리시키고 제1 위치에서 제2 위치로 이동시키는 것을 지원할 것이다. 만곡 영역(760b)에 인가된 순수한 정전기력(764b)은 유사한 방식으로 작동할 것이며, 특정 실시예에서는 크랙이 접촉 계면의 반대측 가장자리에서 개방되어 계면을 가로질러 전파할 것이다. 반사 소자(107) 상의 점착력을 감소시키거나 상쇄하기 위해 적어도 2개의 전극(756a, 756b)이 사용되는 것이 바람직하지만, 다른 실시예에서는 예컨대 크랙 개구를 만들어 반사 소자(107)의 해체를 용이하게 하기 위해 전극의 상이한 구성, 배향, 및 개수(예컨대, 1개)가 이용될 수 있다.

<124> 미소 기전 시스템 기기(700)의 실시예는 특정한 장점을 제공할 수 있다. 예컨대, 구동 상태에서 비구동 상태로의 해체를 용이하게 하기 위해 요구되는 만곡 영역(760a, 760b)에서의 정전기력(764a, 764b)의 크기는 정전기력이 반사 소자(107)의 중앙 영역에 가해지는 경우에는 훨씬 작게 된다. 따라서, 미소 기전 시스템 기기(700)에 더 작은 전압차(예컨대, 제2 전극(102)과 제3 전극(103) 간의)가 인가될 수 있다. 또한, 일부 실시예에서, 전극(756a, 756b)은 일부 클로징-갭 기기(closing-gap device)에서는 문제가 될 수 있는 유전체층(728)으로의 기계적 특성의 층(732)의 붕괴 및 정전기 불안정성을 감소시킨다. 또한, 특정 실시예에서, 구동 상태에서 비구동 상태로의 반사 소자(107)의 이동을 용이하게 하기 위해, 미소 기전 시스템 기기(700)의 대표적인 해체 시간보다 짧은 듀레이션을 갖는 전압 임펄스가 이용될 수 있다.

<125> 본 명세서에 개시된 미소 기전 시스템 기기는 예컨대 앞에서 언급한 미국 특허 출원 번호 11/144,546에 개시된 바와 같은 선택적 적층 및 에칭과 같은 적합한 미소 가공 공정을 이용하여 제조될 수도 있다. 예컨대, 도 8a에 도시된 미소 기전 시스템 기기(100)와 같은 미소 기전 시스템 기기의 특정 실시예가 광학층(124)을 제공하기 위해 투명 또는 반투명 기관(120) 상에 부분 반사성의 전기 도전성 층을 적층함으로써 구성될 수도 있다. 유전체층(128)은 광학층(124) 위에 적층된다. 그리고나서, 유전체층(128) 위에 희생층(도 8a에 도시하지 않음)이 적층된다. 희생층은 유전체층(128)을 노출시키는 복수의 홀을 형성하기 위해 선택적으로 에칭된다. 홀은 지지 포스트(136a, 136b)를 형성하기 위해 예컨대 알루미늄 산화물과 같은 유전체 재료로 채워진다. 다른 적합한 유전체 재료로는 중합체 및 기타 유기 또는 무기 화합물 등이 있다.

<126> 지지 포스트(136a, 136b) 및 희생층 위에 예컨대 알루미늄과 같은 도전성을 갖는 반사성 재료가 적층되어 기계적 특성의 층(132)을 형성한다. 제3 전극(103)의 전기 도전성 부분을 형성하기 위해, 특정 실시예에서는 기계적 특성의 층(132)이 선택적으로 에칭되어 지지 포스트(136a) 위에 개구를 형성한다. 지지 포스트(136a)의 일부 부분은 일부 실시예에서는 유전체층(128)까지 연장할 수도 있는 홀을 형성하기 위해 선택적으로 에칭된다. 홀은 제3 전극(103)의 전기 도전성 부분을 형성하기 위해 예컨대 알루미늄, 니켈, 인듐-주석-산화물 등의 도전성 재료로 채워진다.

<127> 그 후, 희생층과 반응하여 희생층을 제거하는 에천트(etchant)가 희생층에 도포된다. 그 결과, 희생 재료로 채워진 공간이 간섭계 변조기(144)가 되어, 도 8a에 도시된 미소 기전 시스템 기기(100)가 형성된다. 미소 기전 시스템 기기 제조 분야에 알려져 있는 바와 같이, 본 명세서에 개시된 실시예에 따라 미소 기전 시스템 기기를 제조하기 위해 추가의 처리 단계 또는 상이한 처리 단계가 이용될 수도 있다.

<128> 이상 본 발명의 특징의 바람직한 실시예 및 예를 설명하였지만, 본 발명의 기술적인 요지는 구체적으로 개시한 실시예를 넘어 다른 대안의 실시예 및/또는 본 발명의 사용예와 본 발명의 수정예 및 등가물까지 확장할 수 있다. 본 명세서에 개시된 본 발명의 사상은 특징의 개시 실시예에 의해 한정되지 않아야 한다. 따라서, 예컨대, 본 명세서에 개시된 어떠한 방법 또는 프로세스에서, 본 발명의 방법/프로세스를 구성하는 동작 또는 작용이 어떠한 적합한 시퀀스로 수행될 수도 있으며, 특징의 개시 시퀀스로 한정될 필요는 없다. 본 실시예의 각종 특징 및 장점이 그에 적합한 곳에 설명되어 있다. 어떠한 특정 실시예에 따라서는 이러한 특징 또는 장점의 전부가 반드시 달성될 필요는 없음을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 예컨대, 본 발명의 각종 실시예는 본 명세서에서 교시되거나 제시될 수도 있는 다른 특징 또는 장점을 반드시 달성하지 않더라도 본 명세서에 교시된 바와 같은 하나의 장점 또는 여러 장점을 달성하거나 최적화하는 방식으로 수행될 수 있음을 인지하여야 한다.

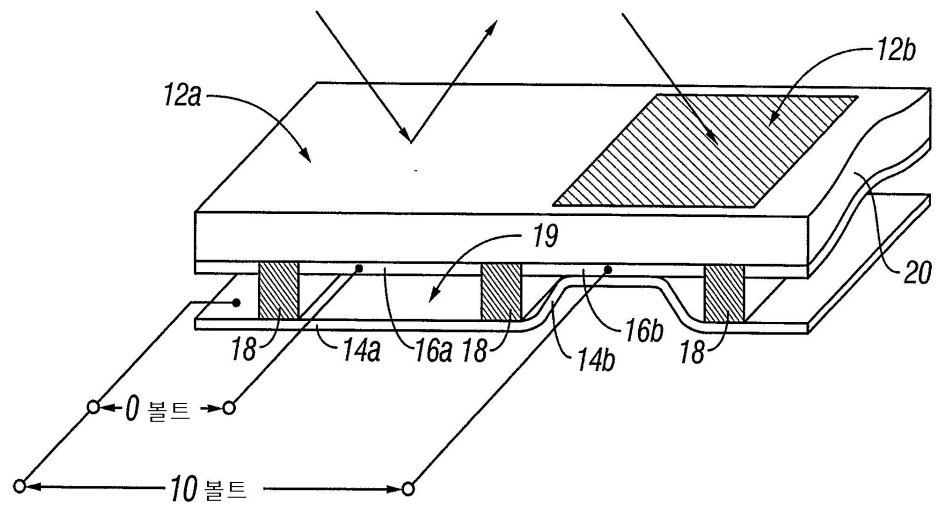
<129> 본 기술 분야의 당업자라면 본 발명의 바람직한 결과를 달성하면서도 본 명세서에 개시된 발명을 수정할 수도 있을 것이다. 따라서, 전술한 설명은 본 기술 분야의 당업자를 위한 광범위한 개시를 목적으로 하는 것으로, 본 발명을 한정하려는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

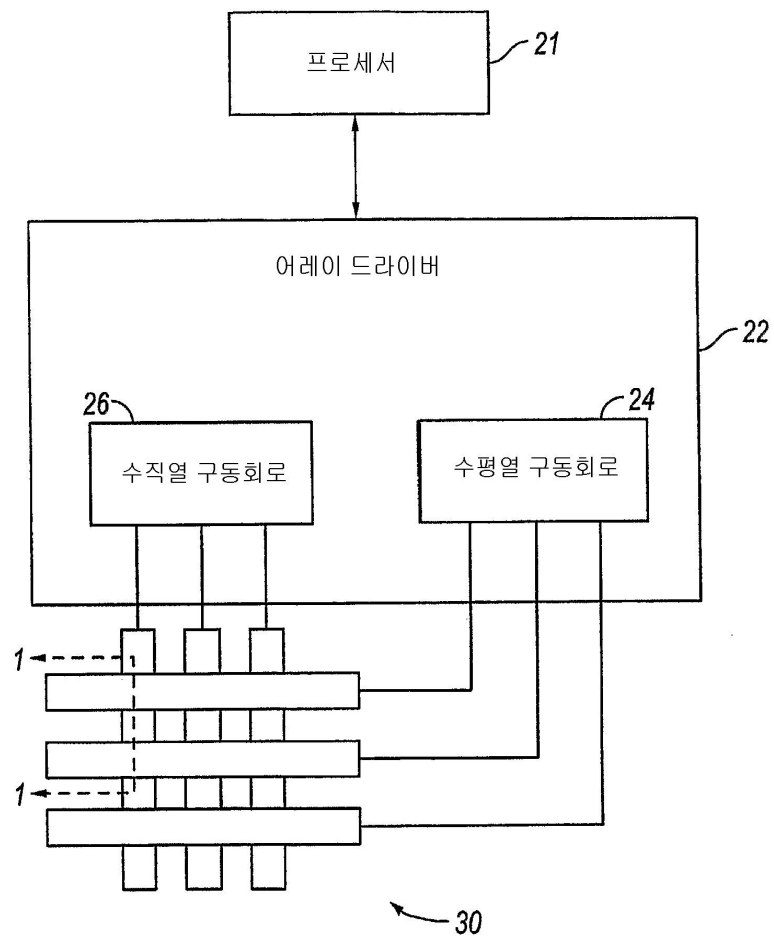
- <7> 도 1은, 제1 간섭계 변조기의 이동 가능한 반사층이 해방 위치에 있고, 제2 간섭계 변조기의 이동 가능한 반사층이 작동 위치에 있는 간섭계 변조기 디스플레이의 일실시예의 일부분을 도시하고 있는 등각 투영도이다.
- <8> 도 2는 3×3 간섭계 변조기 디스플레이를 구비하는 전자 기기의 일실시예를 나타내는 시스템 블록도이다.
- <9> 도 3은, 도 1의 간섭계 변조기의 일실시예에서, 인가되는 전압에 대한 이동가능한 미러의 위치를 나타내는 도면이다.
- <10> 도 4는 간섭계 변조기 디스플레이를 구동시키는데 이용될 수 있는 일련의 수평열 전압 및 수직열 전압을 나타내는 도면이다.
- <11> 도 5a는 도 2의 3×3 간섭계 변조기 디스플레이에서의 디스플레이 데이터의 프레임의 일례를 나타내는 도면이다.
- <12> 도 5b는 도 5a의 프레임을 기록하는데 이용될 수 있는 수평열 신호 및 수직열 신호의 타이밍도의 일례를 나타내는 도면이다.
- <13> 도 6a 및 도 6b는 다수의 간섭계 변조기를 구비하는 영상 디스플레이 기기의 실시예를 나타내는 시스템 블록도이다.
- <14> 도 7a는 도 1에 도시한 간섭계 변조기 디스플레이 기기의 단면도이다.
- <15> 도 7b는 간섭계 변조기의 다른 실시예를 나타내는 단면도이다.
- <16> 도 7c는 간섭계 변조기의 또 다른 실시예를 나타내는 단면도이다.
- <17> 도 7d는 간섭계 변조기의 또 다른 실시예를 나타내는 단면도이다.
- <18> 도 7e는 간섭계 변조기의 또 다른 실시예를 나타내는 단면도이다.
- <19> 도 8a는 해방 상태 또는 비작동 상태에 있는 미소 기전 시스템 기기의 실시예의 측단면도이다.
- <20> 도 8b는 작동 상태 또는 구동 상태에 있는 도 8a에 도시된 미소 기전 시스템 기기의 측단면도이다.
- <21> 도 9a는 해방 상태 또는 비작동 상태에 있는 미소 기전 시스템 기기의 다른 실시예의 측단면도이다.
- <22> 도 9b는 작동 상태 또는 구동 상태에 있는 도 9a에 도시된 미소 기전 시스템 기기의 측단면도이다.
- <23> 도 10a는 해방 상태 또는 비작동 상태에 있는 미소 기전 시스템 기기의 또 다른 실시예의 측단면도이다.
- <24> 도 10b는 작동 상태 또는 구동 상태에 있는 도 10a에 도시된 미소 기전 시스템 기기의 측단면도이다.
- <25> 도 11a는 제3 전극에 전압이 인가되기 전에 작동 상태 또는 구동 상태에 있는 미소 기전 시스템 기기의 실시예의 일부분에 대한 측단면도이다.
- <26> 도 11b는 제3 전극에 전압이 인가된 후의 도 11a에 도시된 미소 기전 시스템 기기의 일부분에 대한 근접 측단면도이다.
- <27> 도 12a 내지 도 12d는 미소 기전 시스템 기기의 반사 소자의 상이한 실시예에 대한 측단면도이다.
- <28> 도 13a 내지 도 13d는 해방 상태에 있는 미소 기전 시스템 기기의 다른 실시예에 대한 측단면도이다.
- <29> 도 14는 작동 상태 또는 구동 상태에 있는 미소 기전 시스템 기기의 실시예에 대한 측단면도이다.

도면

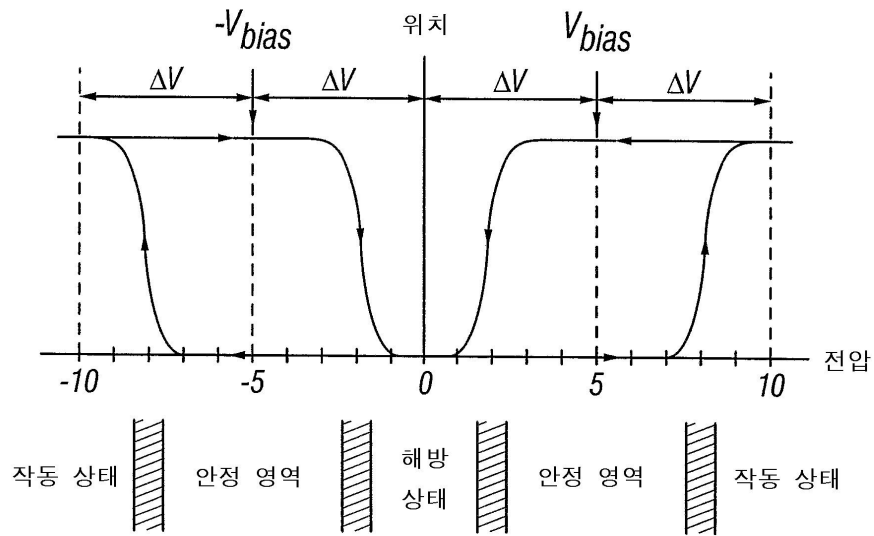
도면1



도면2



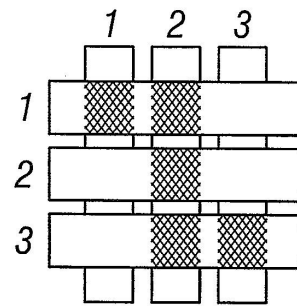
도면3



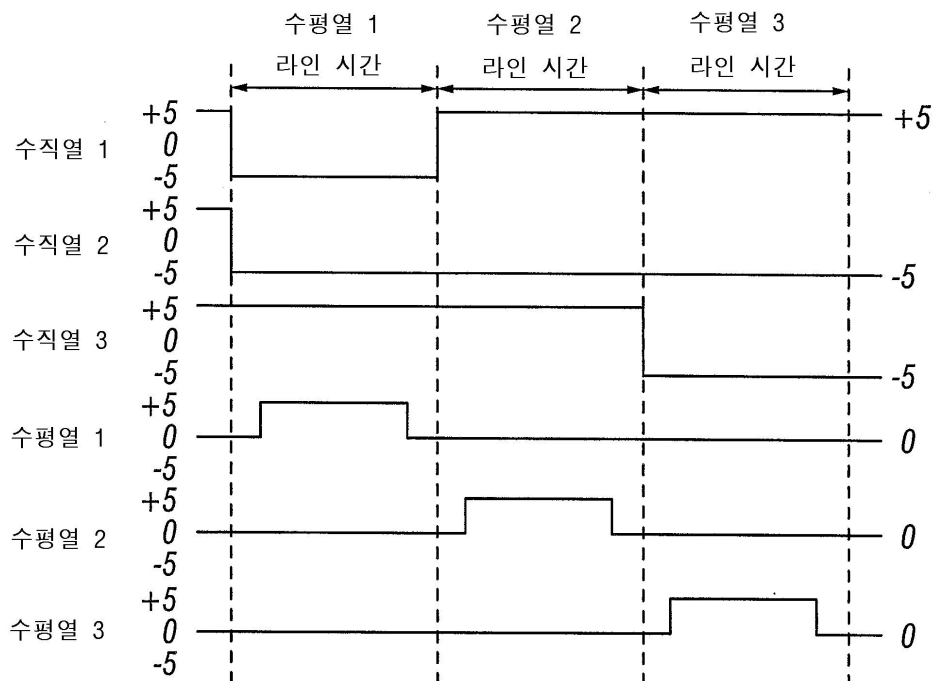
도면4

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

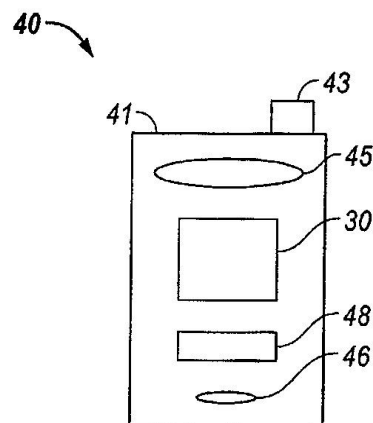
도면5a



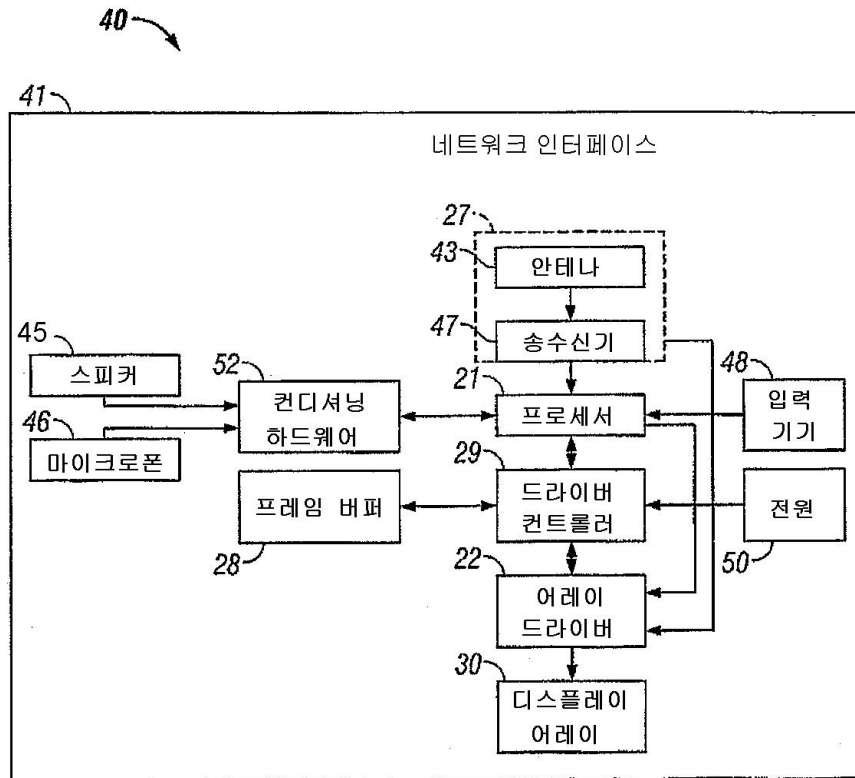
도면5b



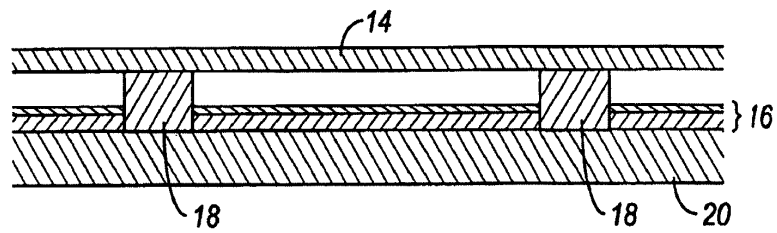
도면6a



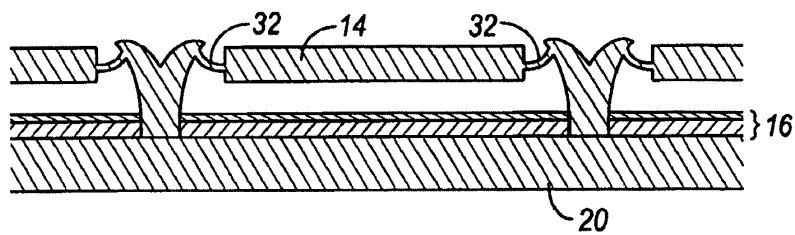
도면6b



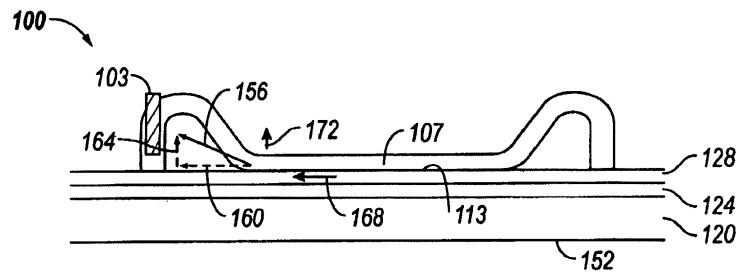
도면7a



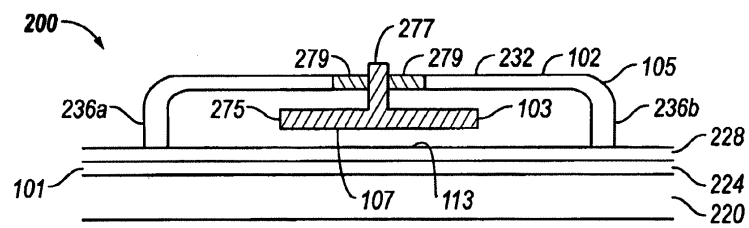
도면7b



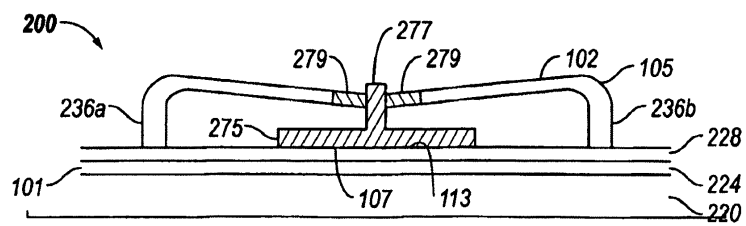
도면8b



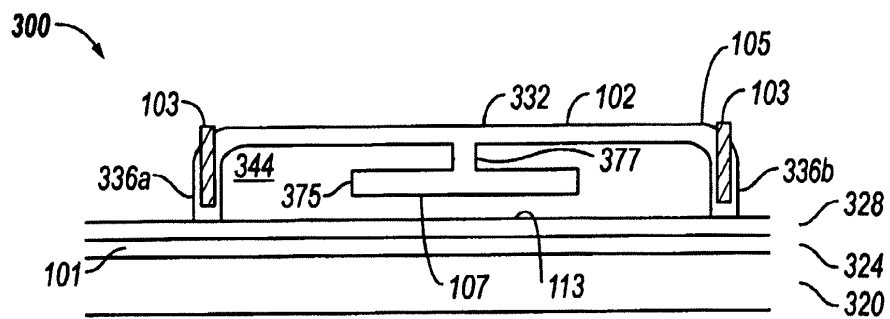
도면9a



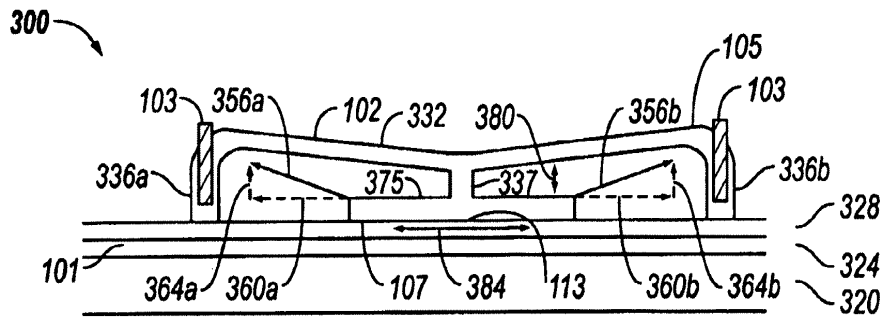
도면9b



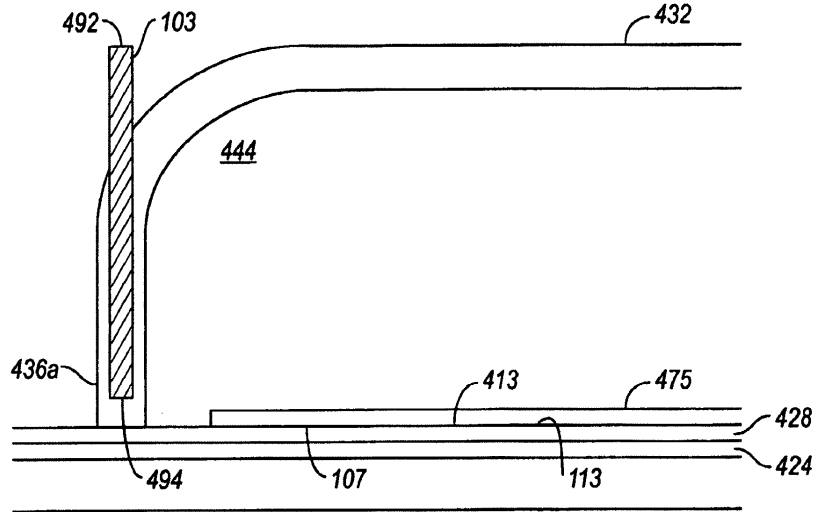
도면10a



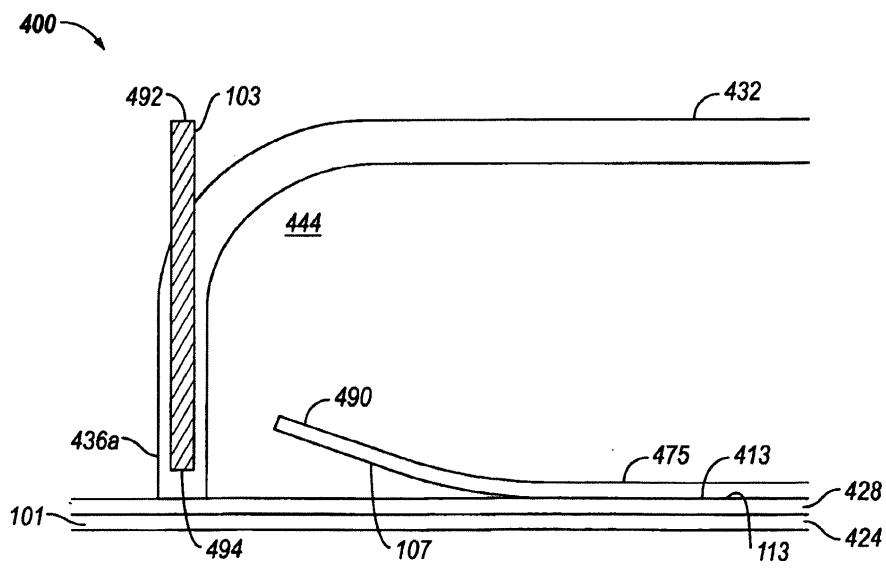
도면10b



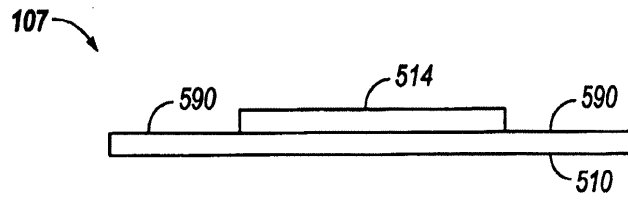
도면11a



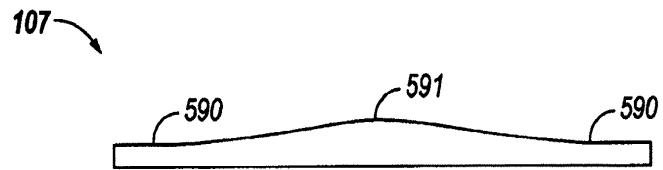
도면11b



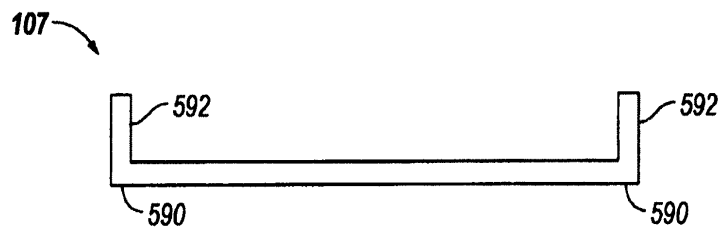
도면12a



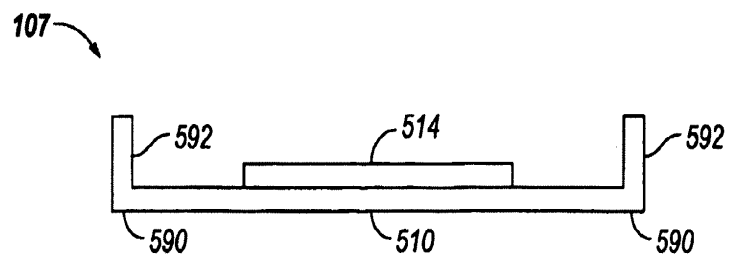
도면12b



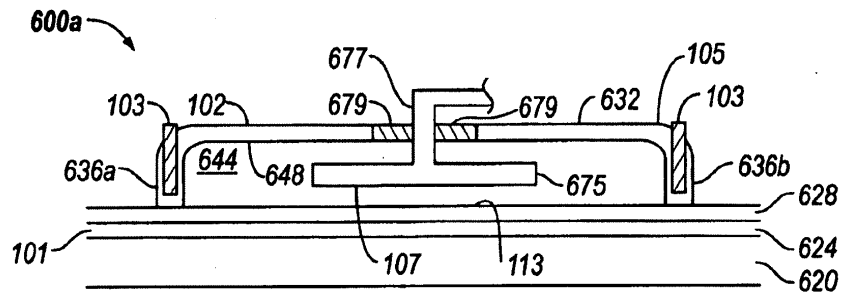
도면12c



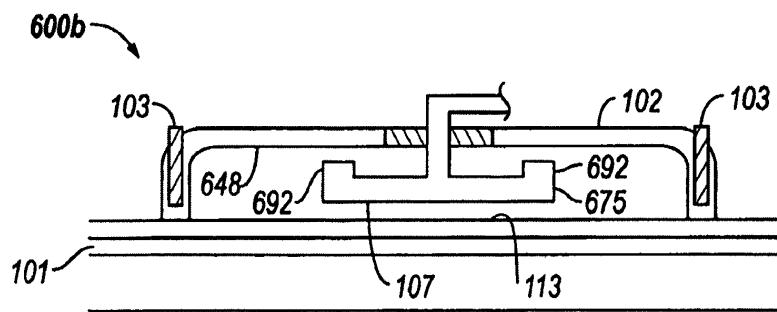
도면12d



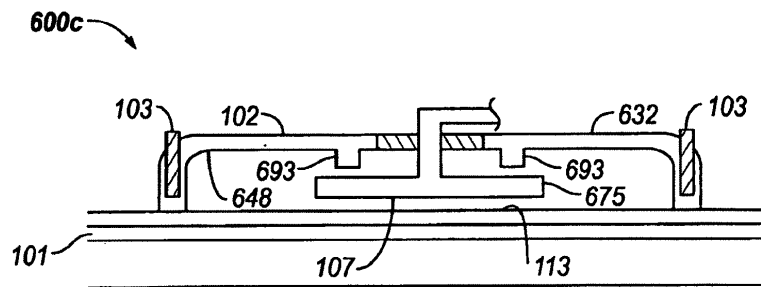
도면13a



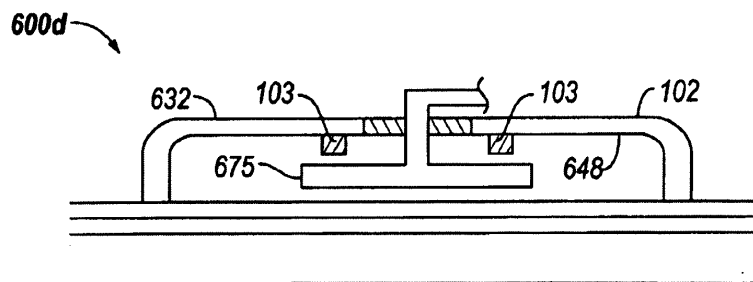
도면13b



도면13c



도면13d



도면14

