



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0075556
(43) 공개일자 2010년07월02일

(51) Int. Cl.

B81C 1/00 (2006.01) B81B 7/00 (2006.01)
H01L 21/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-7009135

(22) 출원일자(국제출원일자) 2007년09월28일
심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2010년04월26일

(86) 국제출원번호 PCT/US2007/020922

(87) 국제공개번호 WO 2009/041948

국제공개일자 2009년04월02일

(71) 출원인

퀄컴 엠이엠스 테크놀로지스, 인크.

미국 92121-1714 캘리포니아 샌디에고 모어하우스
드라이브 5775

(72) 별명자

플로레스, 류시오

미국 캘리포니아 95126 산호세 시에라 애비뉴
1545

코굿, 라이어

이스라엘 하이파 34816 알렉산더 야나이 46에이
(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 아주양현

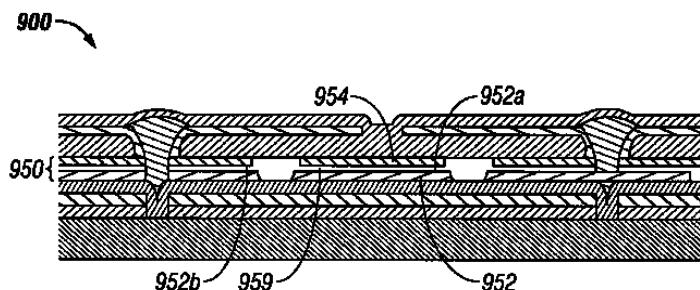
전체 청구항 수 : 총 51 항

(54) 다요소 회생 구조체

(57) 요 약

보다 빠른 에칭 부분과 보다 느린 에칭이 부분을 포함하는 회생 구조체를 포함하는 MEMS는, 해당 회생 구조체를 에칭 제거함으로써 해당 MEMS에 공동부를 형성함에 있어서 구조 부분에 저감된 손상을 나타낸다. 차동 에칭 속도는 구조층을 기계적으로 결합 해제함으로써, 에칭 과정 동안 디바이스에 응력을 저감시킨다. 또, 이러한 시스템 및 방법도 제공된다.

대 표 도 - 도9k



(72) 발명자

양, 시아오밍

미국 캘리포니아 95134-1923 산호세 정션 애비뉴
2581

후양, 성-청

중화민국 대만 330 타오유안 시티 종정 로드 넘버
1097 10층

양, 치아 웨이

중화민국 대만 30072 신츄 푸딩 로드 넘버 29 #27
엔드 #29 8층

수, 이 판

중화민국 대만 30072 신츄 푸딩 로드 넘버 29 #27
엔드 #29 8층

투, 탄 응하아

미국 캘리포니아 95134-1923 산호세 정션 애비뉴
2581

루오, 치

미국 캘리포니아 95120 산호세 실버게이트 코트
6925

갈리, 브라이언 제임스

미국 캘리포니아 95134-1923 산호세 정션 애비뉴
2581

체이스, 다나

미국 캘리포니아 95134-1923 산호세 정션 애비뉴
2581

쑤, 강

미국 캘리포니아 95014 쿠퍼티노 아마도르 오크 코
트 10092

특허청구의 범위

청구항 1

마이크로전자기계 시스템 디바이스(microelectromechanical systems device)를 포함하는 장치로서,

상기 마이크로전자기계 시스템 디바이스는

제1구조층(first structural layer) 위에 형성된 희생 구조체; 및

상기 희생 구조체 위에 형성된 제2구조층을 포함하며,

상기 제2구조층은 해당 제2구조층을 통해서 연장되어 있는 에칭제 접근 개구부(etchant access opening)를 복수 개 포함하고,

상기 희생 구조체는 상기 제1구조층에 가까운 제1부분과 해당 제1구조층에 대해서 먼 제2부분을 포함하며,

상기 제1부분과 상기 제2부분 중 한쪽은 해당 제1부분과 제2부분 중 다른 쪽의 존재 시 선택적으로 에칭가능하고,

상기 희생 구조체는 상기 제1구조층과 상기 제2구조층의 존재 시 선택적으로 에칭가능한 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 희생 구조체의 제1부분과 상기 희생 구조체의 제2부분 중 한쪽은 해당 제1부분과 제2부분 중 다른 쪽보다 빠른 속도로 미리 선택된 에칭제에 의해 에칭가능한 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 희생 구조체의 제2부분은 상기 희생 구조체의 제1부분보다 빠른 속도로 상기 미리 선택된 에칭제에 의해 에칭가능한 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 희생 구조체는 해당 희생 구조체의 제1부분과 상기 희생 구조체의 제2부분 사이에 경사 조성(graded composition)을 지닌 희생층을 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 희생 구조체의 제1부분은 제1희생층을 포함하고, 상기 희생 구조체의 제2부분은 제2희생층을 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 제1희생층과 상기 제2희생층은 상이한 압축량(compression)을 지니는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 희생 구조체는 제3희생층을 추가로 포함하고, 상기 제1희생층과 상기 제2희생층 중 적어도 한쪽은 상기 제3희생층보다 빠른 속도로 미리 선택된 에칭제에 의해 에칭가능한 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 희생 구조체의 제1부분은 계면 영역을 사이에 형성하는 복수개의 희생층을 포함하고, 상기 제2부분은 상기 계면 영역을 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 희생층들은 실질적으로 동일한 조건 하에 형성된 실질적으로 동일한 재료를 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 희생 구조체는 W, Mo, Nb, Ta, Re, Cr, Ni, Al, Ga, In, Sn, Tl, Pb, Bi, Sb, B, Si, Ge, 및 이들의 조합, 합금 혹은 혼합물 중 적어도 하나를 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 희생 구조체는 포토레지스트(photoresist)를 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 미리 선택된 에칭제는 XeF_2 를 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 희생 구조체의 제1부분과 상기 희생 구조체의 제2부분 간의 에칭 선택성은 상기 미리 선택된 에칭제를 이용해서 적어도 약 2.5:1인 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 14

제4항에 있어서, 상기 희생 구조체는 2개의 희생층으로 구성된 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 15

제1항에 있어서, 상기 제1구조층은 유전체 재료를 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 제1구조층 밑에 형성된 전극을 추가로 포함하는, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 17

제1항에 있어서, 상기 제2구조층은 변형가능한 층(deformable layer)을 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 18

제1항에 있어서, 상기 희생 구조체와 상기 제2구조층 사이에 형성된 이동식 반사층;

상기 제2구조층과 상기 이동식 반사층을 결합하는 연결기(connector); 및

상기 제2구조층과 상기 이동식 반사층 사이에 형성된 희생 재료의 층을 추가로 포함하는, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 19

제1항에 있어서, 상기 제1구조층과 상기 제2구조층 사이에 연장되어 있는 지지 구조체를 추가로 포함하는, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 20

제1항에 있어서, 상기 마이크로전자기계 시스템 디바이스는 간섭계 변조기(interferometric modulator)인 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 21

제1항에 있어서,

디스플레이(display);

상기 디스플레이와 통신하도록 구성된 동시에, 화상 데이터를 처리하도록 구성된 프로세서; 및

상기 프로세서와 통신하도록 구성된 메모리 디바이스를 추가로 포함하는, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 22

제21항에 있어서, 상기 디스플레이에 적어도 하나의 신호를 전송하도록 구성된 드라이버 회로를 추가로 포함하는, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 23

제22항에 있어서, 상기 화상 데이터의 적어도 일부를 상기 드라이버 회로로 전송하도록 구성된 제어기를 추가로 포함하는, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 24

제21항에 있어서, 상기 화상 데이터를 상기 프로세서에 전송하도록 구성된 화상 공급원 모듈(image source module)을 추가로 포함하는, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 25

제24항에 있어서, 상기 화상 공급원 모듈은 수신기, 트랜스시버 및 전송기 중 적어도 하나를 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 26

제21항에 있어서, 입력 데이터를 수신하여 해당 입력 데이터를 상기 프로세서에 전달하도록 구성된 입력 장치를 추가로 포함하는, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 27

제1구조층 위에, 해당 상기 제1구조층에 가까운 제1부분과 해당 제1구조층에 대해서 먼 제2부분을 포함하는 희생 구조체를 형성하는 단계;

상기 희생 구조체 위에 제2구조층을 형성하는 단계; 및

상기 제2구조층을 통해 연장되는 에칭제 접근 개구부를 복수개 형성하는 단계를 포함하되,

상기 희생 구조체는 상기 제1구조층과 상기 제2구조층의 존재 시 선택적으로 에칭가능하고,

상기 제1부분과 상기 제2부분 중 한쪽은 해당 제1부분과 제2부분 중 다른 쪽의 존재 시 선택적으로 에칭가능한 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스의 제조방법.

청구항 28

제27항에 있어서, 상기 제1부분과 상기 제2부분 중 한쪽은 상기 다른 쪽보다 빠른 속도로 미리 선택된 에칭제에 의해 에칭가능한 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스의 제조방법.

청구항 29

제28항에 있어서, 상기 미리 선택된 에칭제를 이용해서 상기 제1부분과 상기 제2부분 중 한쪽을 에칭 제거하는 단계를 추가로 포함하는, 마이크로전자기계 시스템 디바이스의 제조방법.

청구항 30

제29항에 있어서, 상기 미리 선택된 에칭제를 이용해서 상기 제1부분과 상기 제2부분 중 한쪽을 에칭 제거하는 단계는 XeF_2 를 이용해서 상기 제1부분과 상기 제2부분 중 한쪽을 에칭 제거하는 단계를 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스의 제조방법.

청구항 31

제27항에 있어서, 상기 희생 구조체를 형성하는 단계는 상기 제1구조층에 가까운 제1희생층과 상기 제1구조체에 대해서 먼 제2희생층을 형성하는 단계를 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스의 제조방법.

청구항 32

제27항에 있어서, 상기 희생 구조체를 형성하는 단계는 상기 제1부분과 상기 제2부분 사이에 경사 조성을 포함하는 희생층을 형성하는 단계를 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스의 제조방법.

청구항 33

제31항에 있어서, 상기 희생 구조체를 형성하는 단계는 제3희생층을 형성하는 단계를 추가로 포함하고, 미리 선택된 에칭제는 상기 제1희생층과 상기 제2희생층 중 적어도 한쪽을 상기 제3희생층보다 빠르게 에칭하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스의 제조방법.

청구항 34

제1층 위에 희생층을 형성하는 단계;

상기 희생층 위에 제2층을 형성하는 단계;

상기 제1층과 상기 제2층 사이에서부터 상기 희생층을 선택적으로 에칭하여, 상기 제1층과 제2층 사이에 연장되는 적어도 하나의 기둥 형상부를 형성하는 단계; 및

상기 적어도 하나의 기둥 형상부를 에칭 제거하기 전에 상기 제1층과 상기 제2층 중 적어도 하나로부터 상기 희생층을 기계적으로 결합 해제하는 단계를 포함하는, 마이크로전자기계 시스템 디바이스의 제조방법.

청구항 35

제34항에 있어서, 상기 희생층을 형성하는 단계는 게르마늄 및 몰리브덴 산화물 중 적어도 하나를 포함하는 층을 형성하는 단계를 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스의 제조방법.

청구항 36

제35항에 있어서, 상기 제2층을 형성하는 단계는 알루미늄 이동식 반사층을 형성하는 단계를 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스의 제조방법.

청구항 37

제34항에 있어서, 상기 희생층을 기계적으로 결합 해제하는 단계는 상기 제2층으로부터 기계적으로 결합 해제하는 단계를 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스의 제조방법.

청구항 38

마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치로서,

상기 마이크로전자기계 시스템 디바이스는

제1구조층과 접촉하는 제1희생층;

상기 제1희생층 위에 형성된 제2희생층; 및

상기 제2희생층과 접촉하는 제2구조층을 포함하며,

상기 제1희생층 및 상기 제2희생층은 미리 선택된 에칭제를 이용해서 상기 제1구조층과 상기 제2구조층의 존재

시 선택적으로 예칭가능하고,

상기 제1회생층과 상기 제2회생층 중 한쪽은 다른 쪽보다 빠른 속도로 상기 미리 선택된 예칭제에 의해 예칭되는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 39

제38항에 있어서, 상기 제2구조층을 통해서 연장되어 있는 복수개의 예칭제 접근 개구부를 추가로 포함하는, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 40

마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치로서,

상기 마이크로전자기계 시스템 디바이스는

제1전도층 위에 형성된 유전체층;

상기 유전체층 위에 형성된 회생 구조체; 및

상기 회생 구조체 위에 형성된 제2전도층을 포함하며,

상기 회생 구조체는 미리 선택된 예칭제를 이용해서 상기 유전체층과 상기 제2전도층의 존재 시 선택적으로 예칭가능하고,

상기 회생 구조체는 상기 미리 선택된 예칭제에 대해서 빠른 예칭 부분과 느린 예칭 부분을 포함하는, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 41

제40항에 있어서, 상기 회생 구조체는 상기 빠른 예칭 부분과 상기 느린 예칭 부분의 경사층(graded layer)을 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 42

마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치로서,

상기 마이크로전자기계 시스템 디바이스는

제1구조층 위에 형성된 조성적으로 불균일한 회생 구조체; 및

상기 회생 구조체 위에 형성된 제2구조층을 포함하며,

상기 제2구조층은 해당 제2구조층을 통해 연장되어 있는 예칭제 접근 개구부를 복수개 포함하고,

상기 회생 구조체는 상기 제1구조층과 상기 제2구조층의 존재 시 선택적으로 예칭가능하며,

미리 선택된 예칭제는 상기 회생 구조체를 불균일하게 예칭하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 43

마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하되,

상기 마이크로전자기계 시스템 디바이스는

해당 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 지지하는 제1구조수단;

상기 마이크로전자기계 시스템 디바이스에 공동부(cavity)를 형성하기 위한 회생수단; 및

상기 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 작동시키기 위한 제2구조수단을 포함하며,

상기 제2구조수단은 상기 회생수단을 예칭제 수단과 접촉시키기 위한 예칭제 접근 수단을 복수개 포함하고,

상기 회생수단은 빠른 예칭 부분과 느린 예칭 부분을 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 44

제43항에 있어서, 상기 제1구조수단은 기판을 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 45

제43항에 있어서, 상기 희생수단은 희생 구조체를 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 46

제43항에 있어서, 상기 제2구조수단은 변형가능한 층을 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 47

제1층 위에 희생 구조체를 형성하는 단계;

상기 희생 구조체 위에 제2층을 형성하는 단계; 및

미리 선택된 에칭제를 이용해서 상기 제1층과 상기 제2층 사이에서부터 실질적으로 완전히 상기 희생 구조체를 선택적으로 에칭 제거하는 단계를 포함하되,

상기 희생 구조체는 상기 미리 선택된 에칭제에 대해서 빠른 에칭 부분과 느린 에칭 부분을 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스의 제조방법.

청구항 48

제47항에 있어서, 상기 희생 구조체를 형성하는 단계는 복수개의 희생층을 형성하는 단계를 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스의 제조방법.

청구항 49

마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치로서,

상기 마이크로전자기계 시스템 디바이스는

제1구조층 위에 형성된 희생 구조체; 및

상기 희생 구조체 위에 형성된 제2구조층을 포함하며,

상기 희생 구조체는 제1부분과 제2부분을 포함하고,

상기 제1부분과 상기 제2부분 중 한쪽은 미리 선택된 에칭제를 이용해서 보다 빠른 고유의 에칭속도를 지니며,

상기 희생 구조체는 상기 미리 선택된 에칭제를 이용해서 상기 제1구조층과 상기 제2구조층의 존재 시 선택적으로 에칭가능하고,

상기 희생 구조체의 두께에 대한 폭 혹은 길이의 애스펙트비(aspect ratio)는 적어도 약 50:1인 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 50

제49항에 있어서, 상기 희생 구조체의 두께에 대한 폭 및 길이의 애스펙트비는 적어도 약 50:1인 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

청구항 51

제49항에 있어서, 상기 희생 구조체의 두께에 대한 폭 혹은 길이의 애스펙트비는 적어도 약 100:1인 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치.

명세서

기술 분야

[0001] 본 출원은 마이크로전자기계 시스템(MEMS: microelectromechanical systems), 특히 공동부를 구비한 MEM 및 이를 형성하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 마이크로전자기계 시스템(MEMS)은 마이크로기계 소자, 작동기 및 전자 기기를 포함한다. 마이크로기계 소자는 기판 및/또는 증착(혹은 침착(deposition); 이하 본 명세서에서는 "증착"이라 표기함)된 재료층의 일부를 에칭해내거나 층들을 추가하여 전기 및 전자기계 장치를 형성하는 증착, 에칭 및/또는 기타 미세기계가공(micromachining) 공정들을 이용하여 형성될 수도 있다. MEMS 디바이스(device)의 한 유형은 간섭계 변조기(interferometric modulator)라 불린다. 본 명세서에서 이용되는 바와 같이, 간섭계 변조기 또는 간섭계 광변조기(interferometric light modulator)라는 용어는 광학적 간섭의 원리를 이용하여 광을 선택적으로 흡수 및/또는 반사하는 디바이스를 의미한다. 소정의 실시형태에 있어서, 간섭계 변조기는 1쌍의 도전판을 포함할 수도 있는데, 상기 1쌍의 도전판 중 어느 하나 또는 양쪽 모두가 전체 또는 부분적으로 투과형 및/또는 반사형일 수도 있고 적절한 전기 신호의 인가 시 상대 운동을 할 수 있다. 특정 실시형태에 있어서, 하나의 도전판은 기판에 증착된 고정층을 포함할 수도 있고, 다른 하나의 도전판은 공기 간극(air gap)에 의해 고정층과는 분리된 금속막을 포함할 수도 있다. 본 명세서에서 보다 더 상세히 설명하는 바와 같이, 도전판의 상대적 위치에 의해서 간섭계 변조기에 입사되는 광의 광학적 간섭은 변화될 수 있다. 이러한 디바이스들의 적용 범위는 광범위하며, 기존의 제품들을 개선시키는 데 있어서, 그리고 아직 개발되지 않은 새로운 제품들을 만들어내는 데 있어서 이러한 유형의 디바이스 특성들이 사용될 수 있도록 이들 디바이스의 특징들을 이용 및/또는 변경하는 것은 해당기술 분야에서 유용할 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 신속한 에칭 부분과 느린 에칭 부분을 포함하는 희생 구조체를 포함하는 MEMS는, 해당 희생 구조체를 에칭 제거함으로써 해당 MEMS에 공동부(cavity)를 형성함에 있어서 구조 부분에 저감된 손상을 나타낸다. 차동 에칭 속도(differential etching rate)는 구조층을 기계적으로 결합 해제(mechanically decouple)함으로써, 에칭 과정 동안 디바이스에 응력을 저감시킨다. 본 발명은 이러한 MEMS 디바이스를 포함하는 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다. 또, 본의 다른 목적은 이러한 시스템 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0004] 따라서, 몇몇 실시형태는 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하는 장치를 제공하며, 해당 마이크로전자기계 시스템 디바이스는 제1구조층(first structural layer) 위에 형성된 희생 구조체; 및 상기 희생 구조체 위에 형성된 제2구조층을 포함한다. 상기 제2구조층은 해당 제2구조층을 통해서 연장되어 있는 복수개의 에칭제 접근 개구부(echant access opening)를 포함하고, 상기 희생 구조체는 상기 제1구조층에 가까운 제1부분과 해당 제1구조층에 대해서 먼 제2부분을 포함하며, 상기 제1부분과 상기 제2부분 중 한쪽은 해당 제1부분과 제2부분 중 다른 쪽의 존재 시 선택적으로 에칭가능하고, 상기 희생 구조체는 상기 제1구조층과 상기 제2구조층의 존재 시 선택적으로 에칭가능하다.

[0005] 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생 구조체의 제1부분과 상기 희생 구조체의 제2부분 중 한쪽은 해당 제1부분과 제2부분 중 다른 쪽보다 빠른 속도로 미리 선택된 에칭제에 의해 에칭가능하다. 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생 구조체의 제2부분은 상기 희생 구조체의 제1부분보다 빠른 속도로 상기 미리 선택된 에칭제에 의해 에칭가능하다.

[0006] 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생 구조체는 해당 희생 구조체의 제1부분과 상기 희생 구조체의 제2부분 사이에 경사 조성(graded composition)을 지닌 희생층을 포함한다.

[0007] 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생 구조체의 제1부분은 제1희생층을 포함하고, 상기 희생 구조체의 제2부분은 제2희생층을 포함한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 제1희생층과 상기 제2희생층은 상이한 압축량(compression)을 지닌다. 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생 구조체는 제3희생층을 추가로 포함하고, 상기 제1희생층과 상기 제2희생층 중 적어도 한쪽은 상기 제3희생층보다 빠른 속도로 미리 선택된 에칭제에 의해 에칭

가능하다.

- [0008] 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생 구조체의 제1부분은 계면 영역을 사이에 형성하는 복수개의 희생층을 포함하고, 상기 제2부분은 상기 계면 영역을 포함한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생층은 실질적으로 동일한 조건 하에 형성된 실질적으로 동일한 재료를 포함한다.
- [0009] 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생 구조체는 W, Mo, Nb, Ta, Re, Cr, Ni, Al, Ga, In, Sn, Tl, Pb, Bi, Sb, B, Si, Ge, 및 이들의 조합, 합금 혹은 혼합물 중 적어도 하나를 포함한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생 구조체는 포토레지스트(photoresist)를 포함한다.
- [0010] 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 미리 선택된 예칭제는 XeF_2 를 포함한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생 구조체의 제1부분과 상기 희생 구조체의 제2부분 간의 예칭 선택성은 상기 미리 선택된 예칭제를 이용해서 적어도 약 2.5:1이다.
- [0011] 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생 구조체는 2개의 희생층으로 구성되어 있다.
- [0012] 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 제1구조층은 유전체 재료를 포함한다. 몇몇 실시형태는 상기 제1구조층 밑에 형성된 전극을 추가로 포함한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 제2구조층은 변형가능한 층(deformable layer)을 포함한다.
- [0013] 몇몇 실시형태는 상기 희생 구조체와 상기 제2구조층 사이에 형성된 이동식 반사층; 상기 제2구조층과 상기 이동식 반사층을 결합하는 연결기(connector); 및 상기 제2구조층과 상기 이동식 반사층 사이에 형성된 희생 재료의 층을 추가로 포함한다. 몇몇 실시형태는 상기 제1구조층과 상기 제2구조층 사이에 연장되어 있는 지지 구조체를 추가로 포함한다.
- [0014] 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 마이크로전자기계 시스템 디바이스는 간접계 변조기이다.
- [0015] 몇몇 실시형태는 디스플레이(display); 상기 디스플레이와 통신하도록 구성된 동시에, 화상 데이터를 처리하도록 구성된 프로세서; 및 상기 프로세서와 통신하도록 구성된 메모리 디바이스를 추가로 포함한다.
- [0016] 몇몇 실시형태는 상기 디스플레이에 적어도 하나의 신호를 전송하도록 구성된 드라이버 회로를 추가로 포함한다. 몇몇 실시형태는 상기 화상 데이터의 적어도 일부를 상기 드라이버 회로로 전송하도록 구성된 제어기를 추가로 포함한다. 몇몇 실시형태는 상기 화상 데이터를 상기 프로세서에 전송하도록 구성된 화상 공급원 모듈(image source module)을 추가로 포함한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 화상 공급원 모듈은 수신기, 트랜스시버 및 전송기 중 적어도 하나를 포함한다. 몇몇 실시형태는 입력 데이터를 수신하여 해당 입력 데이터를 상기 프로세서에 전달하도록 구성된 입력 장치를 추가로 포함한다.
- [0017] 몇몇 실시형태는, 제1구조층 위에, 해당 상기 제1구조층에 가까운 제1부분과 해당 제1구조층에 대해서 먼 제2부분을 포함하는 희생 구조체를 형성하는 단계; 상기 희생 구조체 위에 제2구조층을 형성하는 단계; 및 상기 제2구조층을 통해 연장되는 예칭제 접근 개구부를 복수개 형성하는 단계를 포함하되, 상기 희생 구조체는 상기 제1구조층과 상기 제2구조층의 존재 시 선택적으로 예칭가능하고, 상기 제1부분과 상기 제2부분 중 한쪽은 해당 제1부분과 제2부분 중 다른 쪽의 존재 시 선택적으로 예칭가능한 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스의 제조방법을 제공한다.
- [0018] 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 제1부분과 상기 제2부분 중 한쪽은 상기 다른 쪽보다 빠른 속도로 미리 선택된 예칭제에 의해 예칭가능하다. 몇몇 실시형태는 상기 미리 선택된 예칭제를 이용해서 상기 제1부분과 상기 제2부분 중 한쪽을 예칭 제거하는 단계를 추가로 포함한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 미리 선택된 예칭제를 이용해서 상기 제1부분과 상기 제2부분 중 한쪽을 예칭 제거하는 단계는 XeF_2 를 이용해서 상기 제1부분과 상기 제2부분 중 한쪽을 예칭 제거하는 단계를 포함한다.
- [0019] 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생 구조체를 형성하는 단계는 상기 제1구조층에 가까운 제1희생층과 상기 제1구조체에 대해서 먼 제2희생층을 형성하는 단계를 포함한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생 구조체를 형성하는 단계는 상기 제1부분과 상기 제2부분 사이에 경사 조성을 포함하는 희생층을 형성하는 단계를 포함한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생 구조체를 형성하는 단계는 제3희생층을 형성하는 단계를 추가로 포함하고, 미리 선택된 예칭제는 상기 제1희생층과 상기 제2희생층 중 적어도 한쪽을 상기 제3희생층보다 빠르게 예칭한단.
- [0020] 몇몇 실시형태는 제1층 위에 희생층을 형성하는 단계; 상기 희생층 위에 제2층을 형성하는 단계; 상기 제1층과

상기 제2층 사이에서부터 상기 희생층을 선택적으로 에칭하여, 상기 제1층과 제2층 사이에 연장되어 있는 적어도 하나의 기둥 형상부를 형성하는 단계; 및 상기 적어도 하나의 기둥 형상부를 에칭 제거하기 전에 상기 제1층과 상기 제2층 중 적어도 하나로부터 상기 희생층을 기계적으로 결합 해제하는 단계를 포함하는, 마이크로전자기계 시스템 디바이스의 제조방법을 제공한다.

[0021] 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생층을 형성하는 단계는 게르마늄 및 몰리브덴 산화물 중 적어도 하나를 포함하는 층을 형성하는 단계를 포함한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 제2층을 형성하는 단계는 알루미늄 이동식 반사층을 형성하는 단계를 포함한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생층을 기계적으로 결합 해제하는 단계는 상기 제2층으로부터 기계적으로 결합 해제하는 단계를 포함한다.

[0022] 몇몇 실시형태는 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하되, 상기 마이크로전자기계 시스템 디바이스는 제1구조층과 접촉하는 제1희생층; 상기 제1희생층 위에 형성된 제2희생층; 및 상기 제2희생층과 접촉하는 제2구조층을 포함하는 장치를 제공한다, 상기 제1희생층 및 상기 제2희생층은 미리 선택된 에칭제를 이용해서 상기 제1구조층과 상기 제2구조층의 존재 시 선택적으로 에칭가능하며, 상기 제1희생층과 상기 제2희생층 중 한쪽은 다른 쪽보다 빠른 속도로 상기 미리 선택된 에칭제에 의해 에칭된다.

[0023] 몇몇 실시형태는 상기 제2구조층을 통해서 연장되어 있는 복수개의 에칭제 접근 개구부를 추가로 포함한다.

[0024] 몇몇 실시형태는 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하되, 상기 마이크로전자기계 시스템 디바이스는 제1전도층 위에 형성된 유전체층; 상기 유전체층 위에 형성된 희생 구조체; 및 상기 희생 구조체 위에 형성된 제2전도층을 포함하고, 상기 희생 구조체는 미리 선택된 에칭제를 이용해서 상기 유전체층과 상기 제2전도층의 존재 시 선택적으로 에칭가능하며, 상기 희생 구조체는 상기 미리 선택된 에칭제에 대해서 빠른 에칭 부분과 느린 에칭 부분을 포함하는 장치를 제공한다.

[0025] 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생 구조체는 상기 빠른 에칭 부분과 상기 느린 에칭 부분의 경사층(graded layer)을 포함한다.

[0026] 몇몇 실시형태는 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하되, 상기 마이크로전자기계 시스템 디바이스는 제1구조층 위에 형성된 조성적으로 불균일한 희생 구조체; 및 상기 희생 구조체 위에 형성된 제2구조층을 포함하며, 상기 제2구조층은 해당 제2구조층을 통해 연장되어 있는 에칭제 접근 개구부를 복수개 포함하고, 상기 희생 구조체는 상기 제1구조층과 상기 제2구조층의 존재 시 선택적으로 에칭가능하며, 미리 선택된 에칭제는 상기 희생 구조체를 불균일하게 에칭하는 것인 장치를 제공한다.

[0027] 몇몇 실시형태는 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하되, 상기 마이크로전자기계 시스템 디바이스는 해당 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 지지하는 제1구조수단; 상기 마이크로전자기계 시스템 디바이스에 공동부를 형성하기 위한 희생수단; 및 상기 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 작동시키기 위한 제2구조수단을 포함하며, 상기 제2구조수단은 상기 희생수단을 에칭제 수단과 접촉시키기 위한 에칭제 접근 수단을 복수개 포함하고, 상기 희생수단은 빠른 에칭 부분과 느린 에칭 부분을 포함하는 것인 장치를 제공한다.

[0028] 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 제1구조수단은 기판을 포함한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생수단은 희생 구조체를 포함한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 제2구조수단은 변형가능한 층을 포함한다.

[0029] 몇몇 실시형태는 제1층 위에 희생 구조체를 형성하는 단계; 상기 희생 구조체 위에 제2층을 형성하는 단계; 및 미리 선택된 에칭제를 이용해서 상기 제1층과 상기 제2층 사이에서부터 실질적으로 완전히 상기 희생 구조체를 선택적으로 에칭 제거하는 단계를 포함하되, 상기 희생 구조체는 상기 미리 선택된 에칭제에 대해서 빠른 에칭 부분과 느린 에칭 부분을 포함하는 것인, 마이크로전자기계 시스템 디바이스의 제조방법을 제공한다.

[0030] 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생 구조체를 형성하는 단계는 복수개의 희생층을 형성하는 단계를 포함한다.

[0031] 몇몇 실시형태는 마이크로전자기계 시스템 디바이스를 포함하되, 상기 마이크로전자기계 시스템 디바이스는 제1구조층 위에 형성된 희생 구조체; 및 상기 희생 구조체 위에 형성된 제2구조층을 포함한다. 상기 희생 구조체는 제1부분과 제2부분을 포함하고, 상기 제1부분과 상기 제2부분 중 한쪽은 미리 선택된 에칭제를 이용해서 빠른 고유의 에칭속도를 지니며, 상기 희생 구조체는 상기 미리 선택된 에칭제를 이용해서 상기 제1구조층과 상기 제2구조층의 존재 시 선택적으로 에칭가능하며, 상기 희생 구조체의 두께에 대한 폭 혹은 길이의 애스펙트비(aspect ratio)는 적어도 약 50:1인 것인 장치를 제공한다.

[0032] 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생 구조체의 두께에 대한 폭 혹은 길이의 애스펙트비는 적어도 약 50:1이다.

몇몇 실시형태에 있어서, 상기 희생 구조체의 두께에 대한 폭 및 길이의 애스펙트비는 적어도 약 100:1이다.

도면의 간단한 설명

[0033]

도 1은 제1간접계 변조기의 이동식 반사층이 이완 위치에 있고, 제2간접계 변조기의 이동식 반사층이 작동 위치에 있는 간접계 변조기 디스플레이의 일 실시형태의 일부를 나타낸 등각 투상도;

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

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

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

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

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

도 6a 및 도 6b는 복수개의 간접계 변조기를 포함하는 비쥬얼 표시장치(visual display device)의 일 실시형태를 나타낸 시스템 블록도;

도 7a는 도 1의 장치의 단면도;

도 7b는 간접계 변조기의 대안적인 실시형태의 단면도;

도 7c는 간접계 변조기의 다른 대안적인 실시형태의 단면도;

도 7d는 간접계 변조기의 또 다른 대안적인 실시형태의 단면도;

도 7e는 간접계 변조기의 추가의 대안적인 실시형태의 단면도;

도 8a 내지 도 8e는 도 7a 내지 도 7e에 나타낸 해제된(released) 간접계 변조기에 대응하는 미해제된(unreleased) 간접계 변조기의 실시형태의 단면도;

도 9a는 다요소(multicomponent) 희생 구조체를 포함하는 미해제된 간접계 변조기의 실시형태의 단면도;

도 9b는 도 9a에 나타낸 미해제된 간접계 변조기의 평면도;

도 9c는 희생 구조체가 2개의 희생층을 포함하는 미해제된 간접계 변조기의 실시형태의 단면도;

도 9d는 희생 구조체가 3개의 희생층을 포함하는 미해제된 간접계 변조기의 실시형태의 단면도;

도 9e 내지 도 9g는 해제 에칭(release etching)의 상이한 단계에서 도 9c에 나타낸 간접계 변조기의 일 실시형태의 단면도;

도 9h는 해제 에칭의 중간 단계에서 경사 희생 구조체를 포함하는 간접계 변조기의 일 실시형태의 단면도;

도 9i 내지 도 9k는 2개의 유사한 희생층을 포함하는 희생 구조체를 구비한 간접계 변조기 및 그의 에칭에서의 중간 단계의 일 실시형태의 단면도;

도 9l은 단일층의 희생 구조체를 구비한 마찬가지의 간접계 변조기의 에칭의 중간 단계의 단면도;

도 10은 다요소 희생 구조체를 이용해서 MEMS를 제조하는 방법의 일 실시형태를 개략적으로 나타낸 순서도;

도 11은 해제 에칭의 중간 단계에서 단일 요소 희생 구조체를 포함하는 간접계 변조기의 일 실시형태의 단면도;

도 12는 2-층 희생 구조체를 포함하는 간접계 변조기의 일 실시형태의 단면도;

도 13은 해제 에칭 후 다요소 희생 구조체를 이용해서 제조된 간접계 변조기의 어레이의 기판을 통해서 표시한 도면;

도 14는 해제 에칭의 중간 단계에서 단일 요소 희생 구조체를 이용해서 제조된 간접계 변조기들의 어레이의 기판을 통해서 표시한 도면;

도 15는 해제 애칭의 중간 단계에서 단일 요소 회생 구조체를 이용해서 제조된 간접계 변조기들의 어레이의 기판을 통해서 표시한 도면;

도 16은 해제 후 단일 요소 약-부착형 회생 구조체를 이용해서 제조된 간접계 변조기들의 어레이의 기판을 통해서 표시한 도면;

도 17은 해제 후 2-요소 약-부착형 회생 구조체를 이용해서 제조된 간접계 변조기들의 어레이의 기판을 통해서 표시한 도면;

도 18은 해제 후 다른 2-요소 약-부착형 회생 구조체를 이용해서 제조된 간접계 변조기들의 어레이의 기판을 통해서 표시한 도면;

도 19는 도 18에 나타낸 어레이의 제조에 이용되는 이동식 반사층과 2-요소 약-부착형 회생 구조체 사이의 계면의 전자 현미경 사진;

도 20a 내지 도 20c는 각각 1-층, 2-층 및 3-층 회생 구조체를 포함하는 간접계 변조기 어레이들의 해제 반경 맵(release radius map);

도 21a 및 도 21b는 1-층, 2-층 및 3-층 회생 구조체를 포함하는 간접계 변조기 어레이들의 해제 반경 측정 결과를 나타낸 도면;

도 22는 단일 요소 및 다요소 회생 구조체의 실시형태에 대한 상대 애칭 속도를 나타낸 도면;

도 23a 내지 도 23f는 1-층, 2-층 및 3-층 회생 구조체를 포함하는 부분적으로 애칭된 간접계 변조기 어레이들의 단면 주사 전자 현미경(SEM) 사진.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034]

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

[0035]

간접계 변조기 및 기타 MEMS 디바이스를 제조하기 위한 몇몇 실시형태에서는, 완성된 MEMS의 상대적으로 이동 가능한 요소들, 예를 들어, 기판과 변형가능한 층 사이에 배치된 하나 이상의 회생층을 애칭 제거함으로써 해당 MEMS 내에 하나 이상의 공동부가 형성된다. 이 애칭 단계에서, 회생층을 애칭 제거하는 단계는 애칭이 완료되기 전에도 상대적으로 이동가능한 요소들 간에 이동을 허용하기 때문에 MEMS에 대한 손상이 일어날 수 있다. 회생층이 애칭됨에 따라, 나머지 부분은 상대적으로 이동가능한 요소들 간에 연장되어 있는 섬 및/또는 기둥 형상부를 형성한다. 특히, 상기 요소들 간의 상대 이동은 이들 섬 혹은 기둥 형상부에 응력을 유발한다. 해당 응력이 충분히 커지게 되면, 요소들 중 하나는 해당 응력을 완화하는 데 실패하게 될 것이다. 몇몇 경우에, 이 실패는 MEMS의 기능에 결정적인 역할을 하는 하나 이상의 요소에 일어나게 된다. 몇몇 실시형태에 있어서, 회생 구조체가 완전히 애칭 제거되기 전에 상대적으로 이동가능한 요소들을 기계적으로 결합 해제하는 회생층을 해당 상대적으로 이동가능한 요소들 사이에 이용함으로써 애칭 과정에서 손상이 방지될 수도 있다. 몇몇 실시 형태에 있어서, 회생 구조체는 예를 들어 적어도 차동적으로 애칭가능한 제1부분과 제2부분을 포함하는 불균일하게 애칭가능한 회생 구조체이다.

[0036]

간접계 MEMS 표시 소자를 포함하는 간접계 변조기 디스플레이의 일 실시형태가 도 1에 예시되어 있다. 이들 장치에 있어서, 화소들은 명 상태(bright state) 또는 암 상태(dark state)이다. 명("온" 또는 "열린") 상태에

서, 표시 소자는 입사되는 가시광의 많은 부분을 사용자에게 반사시킨다. 암("오프" 또는 "닫힌") 상태에 있을 경우, 표시 소자는 입사되는 가시 광선을 사용자에게 거의 반사하지 않는다. "온" 상태 및 "오프" 상태의 광 반사 특성은 실시형태에 따라서 반대로 되어 있을 수도 있다. MEMS 화소들은 선택된 색에서 우선적으로 반사하도록 구성되어 흑색 및 백색에 부가해서 컬러 표시를 가능하게 한다.

[0037] 도 1은 비쥬얼 디스플레이의 일련의 화소에 있어서 두 개의 인접한 화소들을 나타낸 등각 투상도인 데, 여기서 각 화소는 MEMS 간섭계 변조기를 포함한다. 소정의 실시형태에서, 간섭계 변조기 디스플레이에는 이들 간섭계 변조기의 행/열 어레이를 포함한다. 각각의 간섭계 변조기는 서로 간에 가변적이고 제어 가능한 거리에 위치된 1 쌍의 반사층을 포함하여 적어도 하나의 가변 치수를 가진 공진 광학적 간극(resonant optical gap)을 형성한다. 일 실시형태에 있어서, 반사층들 중 하나는 두 위치 사이에서 움직일 수도 있다. 여기서 이완 위치라고도 지칭되는 제1위치에서, 이동식 반사층은 고정된 부분 반사층으로부터 상대적으로 먼 거리에 위치된다. 여기서 작동 위치라고도 지칭되는 제2위치에서, 이동식 반사층은 상기 부분 반사층에 더 가까이 인접하여 위치된다. 이들 두 층에서 반사된 입사광은 이동식 반사층의 위치에 따라서 보강(constructively) 간섭 또는 소멸(destructively) 간섭하여 각 화소에 대해 전체 반사 상태 또는 비반사 상태를 생성한다.

[0038] 도 1에 있어서 화소 어레이의 도시된 부분은 두 개의 인접한 간섭계 변조기(12a), (12b)를 포함한다. 왼쪽에 위치한 간섭계 변조기(12a)에는 부분 반사층을 포함하는 광학 적층체(optical stack)(16a)로부터 소정 거리 떨어진 이완 위치에 이동식 반사층(14a)이 예시되어 있다. 오른쪽에 위치한 간섭계 변조기(12b)에는 광학 적층체(16b)에 인접한 작동 위치에 이동식 반사층(14b)이 예시되어 있다.

[0039] 여기서 참조 기호로 표시되는 바와 같은 광학 적층체(16a), (16b)(일괄해서 광학 적층체(16)라 표기함)는 전형적으로 수 개의 융합층(fused layer)을 포함하는 데, 이들 융합층은 인듐 주석 산화물(indium tin oxide: ITO)과 같은 전극층, 크롬과 같은 부분 반사층, 및 투명 유전체를 포함할 수 있다. 따라서, 광학 적층체(16)는 전기 전도성이고, 부분적으로 투명하며, 부분적으로 반사성이고, 예를 들어 하나 이상의 상기 층들을 투명한 기판(20) 위에 중착함으로써 제조될 수 있다. 부분적으로 반사성인 층(즉, 부분 반사층)은 각종 금속, 반도체 및 유전체 등과 같이 부분적으로 반사성인 각종 재료로부터 형성될 수 있다. 이 부분 반사층은 하나 이상의 재료의 층으로 형성될 수 있고, 각 층은 단일 재료 혹은 재료의 조합으로 형성될 수 있다.

[0040] 몇몇 실시형태에 있어서, 이하에 더욱 설명되는 바와 같이, 광학적 적층체(16)의 층들은 평행 스트립들(strip s)로 패턴화되고, 표시장치 내에서 행방향 전극들을 형성할 수도 있다. 이동식 반사층(14a), (14b)은 기동부(18) 사이에 중착되는 중재 희생 재료 및 기동부(18)의 상부면에 중착된 중착 금속층 또는 중착 금속층들(광학 적층체(16a), (16b)의 행방향 전극에 직교)로 이루어진 일련의 평행 스트립들로서 형성될 수도 있다. 희생 재료를 예칭하여 제거하면, 이동식 반사층(14a), (14b)은 광학 적층체(16b), (16b)로부터 소정의 간극(19)만큼 분리되게 된다. 알루미늄과 같은 고 전도성·반사성 재료가 반사층(14)에 사용될 수 있고, 이들 스트립들은 표시장치에서 열방향 전극들을 형성할 수도 있다.

[0041] 도 1에 있어서 화소(12a)로 예시된 바와 같이, 전압이 인가되지 않을 경우, 이동식 반사층(14a)이 기계적으로 이완된 상태에서, 간극(19)이 이동식 반사층(14a)과 광학 적층체(16a) 사이에서 유지된다. 그러나, 선택된 행 및 열에 전위차가 인가될 경우, 대응하는 화소에서 행방향 전극과 열방향 전극의 교차점에 형성된 커페시터는 충전되고, 정전기력은 전극들을 함께 당긴다. 전압이 충분히 높다면, 이동식 반사층(14)은 변형이 일어나 광학 적층체(16)에 대해서 힘을 가한다. 도 1의 오른쪽에 위치한 화소(12b)로 표시된 바와 같이, 광학 적층체(16) 내의 유전체 층(도 1에서는 도시 생략)은 단락이 방지되어 층(14)과 층(16) 간의 이격 거리를 조절한다. 이러한 거동은 인가된 전위차의 극성에 상관없이 동일하다. 이와 같이 해서, 반사성 화소 상태 대 비반사성 화소 상태를 제어할 수 있는 행/열방향 작동은 종래의 LCD 및 기타 표시장치 기술에서 이용되는 것과 많은 방식에 있어서 유사하다.

[0042] 도 2 내지 도 5b는 디스플레이 적용에 있어서 간섭계 변조기들의 어레이를 사용하기 위한 하나의 예시적 과정 및 시스템을 예시한다.

[0043] 도 2는 본 발명의 양상들을 내포할 수도 있는 전자 장치의 일 실시형태를 예시한 시스템 블록도이다. 예시적인 실시형태에 있어서, 전자 장치는 프로세서(21)를 포함하는 데, 이 프로세서는 ARM, 펜티엄(Pentium)(등록상표), 펜티엄 II(등록상표), 펜티엄 III(등록상표), 펜티엄 IV(등록상표), 펜티엄(등록상표) Pro, 8051, MIPS(등록상표), Power PC(등록상표), ALPHA(등록상표)와 같은 범용 단일 칩 프로세서 또는 멀티 칩 마이크로 프로세서, 또는 디지털 신호 프로세서, 마이크로제어기와 같은 소정의 특수 목적의 마이크로프로세서, 또는 프로그래밍 가능한 게이트 어레이일 수도 있다. 당업계에 있어서 통상적인 바와 같이, 상기 프로세서(21)는 하나 이상의 소프

트웨어 모듈을 실행하도록 구성될 수도 있다. 오퍼레이팅 시스템(operating system)의 실행과 더불어, 상기 프로세서는 웹 브라우저(web browser), 전화 애플리케이션(application), 이메일 프로그램 또는 기타 임의의 소프트웨어 애플리케이션을 비롯한 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 실행하도록 구성될 수도 있다.

[0044]

일 실시형태에 있어서, 프로세서(21)는 또한 어레이 드라이버(22)와 통신하도록 구성된다. 일 실시형태에 있어서, 어레이 드라이버(22)는 디스플레이 어레이 혹은 패널(30)에 신호를 제공하는 행방향 드라이버 회로(24) 및 열방향 드라이버 회로(26)를 포함한다. 도 1에 예시된 어레이의 단면은 도 2의 1-1선에 의해 표시된다. MEMS 간섭계 변조기에 대해서, 행/열방향 작동 프로토콜은 도 3에 도시된 이들 장치의 히스테리시스 특성을 이용할 수도 있다. 예를 들어, 이완 상태에서 작동 상태로 이동식 충을 변형시키기 위해 10 볼트의 전위차가 필요할 수도 있다. 그러나, 이러한 값으로부터 전압이 감소될 경우, 전압이 10 볼트 미만으로 다시 떨어질 때에 이동식 충은 그 상태를 유지한다. 도 3의 예시적 실시형태에 있어서, 전압이 2 볼트 미만으로 떨어질 때까지 이동식 충은 완전히 이완되지 않는다. 이와 같이 해서, 도 3에 예시된 예에서 약 3 내지 7 V의 인가된 전압의 창이 존재하고, 이 범위 내에서 장치가 이완 또는 작동 상태에서 안정적이다. 이것을 여기서는 "히스테리시스 창" 또는 "안정성 창"이라고 칭한다. 도 3의 히스테리시스 특성을 가지는 디스플레이 어레이에 대해서, 행방향 스트로빙(strobing) 동안 스트로빙된 행에 있는 작동될 화소들이 약 10 볼트의 전압차에 노출되고, 이완될 화소들이 0 볼트에 근접한 전압차에 노출되도록 행/열방향 작동 프로토콜을 설계할 수 있다. 스트로빙 후에, 화소들은 약 5 볼트의 정상 상태 전압차에 노출되므로, 이들은 행방향 스트로빙이 화소들을 어떤 상태에 두었던지 그 상태를 유지하게 된다. 이러한 예에서, 각 화소는, 기록된 후에, 3 내지 7 볼트의 "안정성 창" 내에서 전위차를 보인다. 이러한 특성으로 작동 또는 이완의 기준 상태에서 동일한 인가 전압 조건 하에서 도 1에 예시된 화소 설계가 안정화된다. 간섭계 변조기의 각 화소는 작동 상태인지 혹은 이완 상태인지에 따라 본질적으로 고정식 반사층 및 이동식 반사층에 의해 형성된 커패시터이기 때문에, 이러한 안정한 상태는 전력 손실이 거의 없이 히스테리시스 창 내의 전압에서 유지될 수 있다. 인가된 전위가 고정되어 있다면 화소로 들어가는 전류 흐름은 실질적으로 없다.

[0045]

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

[0046]

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

[0047]

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

[0048]

도 5a의 프레임에서, (1,1), (1,2), (2,2), (3,2) 및 (3,3) 화소들이 작동된다. 이것을 달성하기 위해서, 제1행에 대한 "라인 시간"(line time) 동안 제1열과 제2열은 -5볼트로 설정되고, 제3열은 +5볼트로 설정된다. 이것은 임의의 화소들의 상태를 변화시키지 않는 데, 그 이유는 모든 화소들이 3 내지 7볼트 안정성 창에 유지되기 때문이다. 다음에, 제1행은 0볼트에서 5볼트까지 가고 다시 0볼트로 가는 펠스로 스트로빙된다. 이것은 (1,1) 화소 및 (1,2) 화소를 작동시키고 (1,3) 화소를 이완시킨다. 어레이 내의 다른 화소들은 영향을 받지 않는다. 원하는 바와 같이 제2행을 설정하기 위하여, 제2열을 -5볼트로 설정하고 제1열 및 제3열을 +5볼트로 설정한다. 다음에, 제2행에 인가된 동일한 스트로브(strobe)는 (2,2) 화소를 작동시키고 (2,1) 및 (2,3) 화소를 이완시킬 것이다. 재차, 어레이의 다른 화소들은 영향받지 않는다. 제3행은 제2열 및 제3열을 -5볼트로 설정하고 제1열을 +5볼트로 설정함으로써 마찬가지로 설정된다. 제3행의 스트로브는 도 5a에 도시된 바와 같이 제3행의 화소들을 설정한다. 프레임을 기록한 후에, 행방향 전위들은 0이고 열방향 전위들은 +5볼트 또는 -5볼트로 유지될 수 있게 되어, 디스플레이에는 도 5a의 구성에서 안정적이다. 수십 또는 수백 개의 행과 열들을 가진 어레이들에 대해서 동일한 과정을 이용할 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 또, 행 및 열 작동을 수행시키는 데 사용되는 타이밍, 수순 및 전압 레벨들은 상기의 일반적인 원리 범위 안에서 매우 다양할 수 있고, 상기 예는 다만 예시적인 것에 불과하며, 다른 작동 전압 방법이 본 명세서에 기재된 시스템 및 방법과 함께 사용될 수 있다는 것을 또한 이해할 수 있을 것이다.

[0049]

도 6a 및 도 6b는 표시장치(40)의 일 실시형태를 예시한 시스템 블록도이다. 예를 들어, 표시장치(40)는 이동 전화기 또는 휴대 전화기일 수 있다. 그러나, 표시장치(40)의 동일한 구성 요소들 또는 그것의 약간의 변경으로는 또한 텔레비전, 휴대용 미디어 플레이어 및 컴퓨터와 같은 다양한 유형의 표시장치를 들 수 있다.

[0050]

표시장치(40)는 하우징(housing)(41), 디스플레이(30), 안테나(43), 스피커(45), 입력 장치(48) 및 마이크(46)를 포함한다. 일반적으로 하우징(41)은 사출 성형 및 전공 성형을 비롯한 당업자들에게 잘 알려진 다양한 제조 과정들 중의 어떤 것으로 형성된다. 또한, 하우징(41)은 플라스틱, 금속, 유리, 고무 및 세라믹, 또는 이들의 조합을 포함하지만, 이들로 한정되지 않는 다양한 재료 중의 어떤 것으로 만들어질 수도 있다. 일 실시형태에 있어서, 하우징(41)은 다른 색깔을 가지거나 다른 로고, 그림 또는 기호를 포함하는 분리 가능한 부분들과 호환될 수도 있는 분리 가능한 부분(도시 생략)을 포함한다.

[0051]

예시적인 표시장치(40)의 디스플레이(30)는, 여기에서 설명되는 바와 같이, 쌍안정 디스플레이를 비롯한 다양한 디스플레이들 중의 어떤 것일 수도 있다. 다른 실시형태에 있어서, 디스플레이(30)는 앞서 설명한 바와 같은 플라즈마, EL, OLED, STN LCD 또는 TFT LCD와 같은 평판형 디스플레이, 또는 CRT나 다른 종류의 관(tube) 장치와 같은 비평판형(non-flat-panel) 디스플레이를 포함한다. 그러나, 본 실시형태를 설명할 목적으로, 상기 디스플레이(30)는 여기에서 설명하는 바와 같이 간접계 변조기 디스플레이를 포함한다.

[0052]

예시적 표시장치(40)의 일 실시형태의 구성 요소들은 도 6b에 개략적으로 도시되어 있다. 도시된 예시적 표시장치(40)는 하우징(41)을 포함하고 적어도 그 속에 부분적으로 수용된 추가적인 구성 요소들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일 실시형태에 있어서, 예시적 표시장치(40)는 트랜스시버(transceiver)(47)에 결합된 안테나(43)를 포함하는 네트워크 인터페이스(27)를 포함한다. 트랜스시버(47)는 컨디셔닝 하드웨어(conditioning hardware)(52)에 연결된 프로세서(21)에 접속된다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 신호를 조절(예를 들어, 신호를 필터링)하도록 구성될 수도 있다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 스피커(45) 및 마이크(46)에 연결된다. 프로세서(21)는 입력 장치(48) 및 드라이버 제어기(29)에도 연결된다. 드라이버 제어기(29)는 프레임 버퍼(frame buffer)(28)에 그리고 어레이 드라이버(22)에 결합되고, 어레이 드라이버(22)는 이어서 디스플레이 어레이(30)에 결합된다. 전력 공급 장치(50)는 특정한 예시적 표시장치(40) 설계에 요구되는 바와 같이 모든 구성 요소들에 전력을 제공한다.

[0053]

네트워크 인터페이스(27)는 예시적 표시장치(40)가 네트워크를 통하여 하나 이상의 장치와 통신할 수 있도록 안테나(43) 및 트랜스시버(47)를 포함한다. 일 실시형태에 있어서, 네트워크 인터페이스(27)는 프로세서(21)의 요건을 완화시킬 수 있는 몇몇 처리 능력도 가질 수 있다. 안테나(43)는 신호를 송수신하기 위해, 당업자들에게 알려진 소정의 안테나이다. 일 실시형태에 있어서, 안테나는 IEEE 802.11(a), (b) 또는 (g)를 비롯한 IEEE 802.11 표준에 따라서 RF 신호를 송수신한다. 다른 실시형태에 있어서, 안테나는 블루투스(BLUETOOTH) 표준에 따라서 RF 신호를 송수신한다. 이동 전화기의 경우, 안테나는 CDMA, GSM, AMPS 또는 무선 이동 전화 네트워크 내에서 통신하기 위해 사용되는 기타 공지된 신호를 수신하도록 설계되어 있다. 트랜스시버(47)는 안테나(43)로부터 수신된 신호를 미리 처리하여 이 신호가 프로세서(21)에 의해 수신되고 나아가 조작될 수도 있다. 또, 트랜스시버(47)는 프로세서(21)로부터 수신된 신호도 처리하여 이 신호가 안테나(43)를 거쳐서 예시적 표시장치

(40)로부터 전송될 수 있게 한다.

[0054] 대안적인 실시형태에 있어서, 트랜스시버(47)는 수신기로 대체될 수 있다. 또 다른 대안적인 실시형태에 있어서, 네트워크 인터페이스(27)는 프로세서(21)에 전송될 화상 데이터를 저장하거나 생성할 수 있는 이미지 소스(즉, 화상 공급원(image source))로 대체될 수 있다. 예를 들어, 화상 공급원은 화상 데이터를 포함하는 디지털 비디오 디스크(DVD: digital video disc)나 하드 디스크 드라이브, 또는 화상 데이터를 생성하는 소프트웨어 모듈일 수 있다.

[0055] 프로세서(21)는 일반적으로 예시적 표시장치(40)의 전체적인 동작을 제어한다. 프로세서(21)는 네트워크 인터페이스(27) 또는 화상 공급원으로부터의 압축된 화상 데이터와 같은 데이터를 수신하고, 해당 데이터를 원천 화상 데이터(raw image data)로 또는 원천 화상 데이터로 즉시 처리할 수 있는 포맷으로 처리한다. 그 후, 프로세서(21)는 처리된 데이터를 드라이버 제어기(29)로 또는 저장을 위해 프레임 버퍼(28)로 전송한다. 원천 데이터는 전형적으로 화상 내의 각각의 위치에서 화상 특성들을 식별하는 정보를 의미한다. 예를 들어, 이러한 화상 특성들은 색깔, 채도 혹은 포화도(saturation) 및 계조 레벨(gray-scale level)을 포함할 수 있다.

[0056] 일 실시형태에서, 프로세서(21)는 예시적 표시장치(40)의 동작을 제어하는 마이크로 제어기, CPU 또는 논리 유닛을 포함한다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 일반적으로 신호를 스피커(45)에 전송하기 위해, 그리고 마이크(46)로부터 신호를 수신하기 위해 증폭기들 및 필터들을 포함한다. 컨디셔닝 하드웨어(52)는 예시적 표시장치(40) 내에 있는 별도의 구성 요소일 수도 있거나 프로세서(21) 혹은 기타 구성 요소들 내에 내장되어 있을 수도 있다.

[0057] 드라이버 제어기(29)는 프로세서(21)에서 생성된 원천 화상 데이터를 프로세서(21)로부터 혹은 프레임 버퍼(28)로부터 직접 취하여 어레이 드라이버(22)로 고속 전송하기 위해 해당 원천 화상 데이터를 적절하게 재포맷한다. 특히, 드라이버 제어기(29)는 원천 화상 데이터를 래스터 유사 포맷(raster like format)을 가진 데이터 흐름으로 재포맷하여 디스플레이 어레이(30)에 걸쳐 스캐닝하기에 적합한 시간 순서를 가진다. 다음에, 드라이버 제어기(29)는 포맷된 정보를 어레이 드라이버(22)에 전송한다. 비록 LCD 제어기와 같은 드라이버 제어기(29)가 자립형 집적 회로(stand-alone Integrated Circuit(IC))로서 시스템 프로세서(21)와 종종 연관되지만, 이러한 제어기들은 다양한 방법들로 구현될 수도 있다. 이들은 프로세서(21) 내에 하드웨어로서 삽입될 수 있거나, 소프트웨어로서 프로세서(21) 내에 삽입될 수도 있거나, 또는 어레이 드라이버(22)와 함께 하드웨어에 완전히 일체화될 수도 있다.

[0058] 전형적으로, 어레이 드라이버(22)는 포맷된 정보를 드라이버 제어기(29)로부터 수신하고 디스플레이의 x-y 매트릭스 화소들로부터 나온 수백, 때로는 수천개의 인출선에 초당 여러 번 인가되는 병렬 세트의 괴형들로 비디오 데이터를 재포맷한다.

[0059] 일 실시형태에 있어서, 드라이버 제어기(29), 어레이 드라이버(22) 및 디스플레이 어레이(30)는 여기서 설명하는 디스플레이들의 유형 중 어느 것에나 적합하다. 예를 들어, 일 실시형태에 있어서, 드라이버 제어기(29)는 종래의 디스플레이 제어기 또는 쌍안정 디스플레이 제어기(예를 들어, 간접계 변조기 제어기)이다. 다른 실시형태에 있어서, 어레이 드라이버(22)는 종래의 드라이버 또는 쌍안정 디스플레이 드라이버(예를 들어, 간접계 변조기 디스플레이)이다. 일 실시형태에 있어서, 드라이버 제어기(29)는 어레이 드라이버(22)와 일체형이다. 이러한 일 실시형태는 이동 전화기, 시계 및 기타 소형 디스플레이와 같은 고집적 시스템에 있어서 일반적이다. 또 다른 실시형태에 있어서, 디스플레이 어레이(30)는 전형적인 디스플레이 어레이 또는 쌍안정 디스플레이 어레이(예를 들어, 간접계 변조기들의 어레이를 포함하는 디스플레이)이다.

[0060] 입력 장치(48)는 사용자로 하여금 예시적 표시장치(40)의 동작을 제어하도록 한다. 일 실시형태에 있어서, 입력 장치(48)는 QWERTY 키보드 또는 전화기 키패드와 같은 키패드, 버튼, 스위치, 터치 센스 스크린, 감압막 또는 감열막을 포함한다. 일 실시형태에 있어서, 마이크(46)는 예시적 표시장치(40)에 대한 입력 장치이다. 이 장치에 데이터를 입력하기 위해 마이크(46)가 사용되는 경우, 음성 명령들이 사용자에 의해 제공되어 예시적 표시장치(40)의 동작들을 제어할 수도 있다.

[0061] 전력 공급 장치(50)는 당업계에 잘 알려져 있는 다양한 에너지 저장 장치들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일 실시형태에 있어서, 전력 공급 장치(50)는 니켈-카드뮴 배터리 또는 리튬 이온 배터리와 같은 충전용 배터리이다. 다른 실시형태에 있어서, 전력 공급 장치(50)는 재생 가능 에너지 원, 커패시터, 또는 플라스틱 태양 전지, 태양 전지 도료를 비롯한 태양 전지이다. 다른 실시형태에 있어서, 전력 공급 장치(50)는 벽에 붙은 콘센트에서 전력을 받도록 구성된다.

- [0062] 소정의 실시형태에 있어서, 제어 프로그램은 앞서 설명한 바와 같이 전자 디스플레이 시스템 안의 몇몇 장소에 위치될 수 있는 드라이버 제어기 내에 존재한다. 소정의 실시형태에 있어서, 제어 프로그램은 어레이 드라이버(22) 내에 존재한다. 당업자들은 앞서 설명한 최적화 조건들을 다수의 하드웨어 및/또는 소프트웨어 구성 요소들 및 다양한 형태로 구현할 수도 있다는 것을 인식할 것이다.
- [0063] 앞서 설명한 원리들에 따라서 작동되는 간접계 변조기의 상세한 구조는 매우 다양할 수 있다. 예를 들어, 도 7a 내지 도 7e(이하 간단히 일괄적으로 "도 7"이라 칭할 경우도 있음)는 이동식 반사층(14) 및 그의 지지 구조체의 다섯 개의 서로 다른 실시형태를 나타낸다. 도 7a는 도 1의 실시형태의 단면도인데, 여기서 금속 재료(14)의 스트립은 직교 방향으로 연장된 지지부(18) 상에 증착된다. 도 7b에 있어서, 이동식 반사층(14)은 줄(tether)(32) 상에 단지 모서리에서 지지부에 접착, 즉, 부착된다. 도 7c에 있어서, 이동식 반사층(14)은 가요성 금속을 포함할 수도 있는 변형가능한 층(34)으로부터 매달려 있다. 이 변형가능한 층(34)은 해당 변형가능한 층(34) 주변의 기판(20)에 직접적으로 혹은 간접적으로 연결된다. 이들 연결부는 연속적인 벽 및/또는 개별적인 기둥부의 형태를 취할 수 있다. 예를 들어, 평행한 레일들이 변형가능한 층(34) 재료의 교차 열들을 지지하므로, 레일 사이의 트렌치 및/또는 공동부에 화소의 열들을 규정한다. 각 공동부 내의 추가적인 지지 기둥부는 변형가능한 층(34)을 강화시켜 완화 위치에 늘어지는 것을 방지하는 역할을 할 수 있다.
- [0064] 도 7d에 나타낸 실시형태는 변형가능한 층(34)이 안착되는 지지 기둥 플러그(support post plug)(42)를 가진다. 이동식 반사층(14)은 도 7a 내지 도 7c에 있어서와 마찬가지로 간극부 위에 매달린 채 유지되지만, 변형가능한 층(34)은 해당 변형가능한 층(34)과 광학 적층체(16) 사이의 구멍들을 채움으로써 지지 기둥부를 형성하지 않는다. 오히려, 지지 기둥부는 평탄화 재료로 형성되고, 이것은 지지 기둥 플러그(42)를 형성하는 데 이용된다. 도 7e에 나타낸 실시형태는 도 7d에 나타낸 실시형태에 의거한 것이지만, 도 7a 내지 도 7c에 나타낸 실시형태 뿐만 아니라 도시하지 않은 추가적인 실시형태의 어느 것과 함께 작용하도록 적합화될 수도 있다. 도 7e에 나타낸 실시형태에 있어서, 금속 또는 기타 전도성 재료의 여분의 층은 버스 구조체(44)를 형성하는 데 이용되어 왔다. 이것에 의해 신호가 간접계 변조기의 이면을 따라 송신될 수 있고, 그렇지 않으면 기판(20) 상에 형성될 수도 있는 다수의 전극을 제거할 수 있다.
- [0065] 도 7a 내지 도 7e에 나타낸 것과 같은 실시형태에 있어서, 간접계 변조기는 직시형(direct-view) 장치로서 기능하는 데, 여기서 화상들은 투명한 기판(20)의 앞면 쪽으로부터 보이고 그 반대편에는 변조기들이 배열되어 있다. 이들 실시형태에 있어서, 반사층(14)은 변형가능한 층(34)을 비롯한, 기판(20)의 반대편의 반사층 쪽에 있는 간접계 변조기의 일부를 광학적으로 차단한다. 이것에 의해 상기 차단된 영역은 화질에 부정적으로 영향을 미치는 일없이 구성되고 작동될 수 있게 된다. 이러한 차단은 도 7e에서 버스 구조체(44)를 허용하며, 이것은 어드레싱 및 그 어드레싱으로부터 기인하는 이동 등과 같은, 상기 변조기의 전자기계 특성으로부터 해당 변조기의 광학적 특성을 분리시키는 능력을 제공한다. 이 분리가능한 변조기 구조체로 인해 해당 변조기의 광학적 측면들 및 전자기계적 측면들에 대해 사용되는 재질들 및 구조 설계가 선택되어 서로 독립적으로 기능하게 된다. 더욱이, 도 7c 내지 도 7e에 도시된 실시형태는 변형가능한 층(34)에 의해 수행되는, 기계적 특성들로부터 반사층(14)의 광학적 특성들을 분리함으로써 얻어지는 추가적인 장점들을 가진다. 이로 인해 반사층(14)에 사용되는 구조 설계 및 재질들이 광학적 특성에 대해서 최적화되고, 변형가능한 층(34)에 사용되는 구조 설계 및 재질들이 원하는 기계적 특성에 대해서 최적화된다. 당업자들이라면, 몇몇 실시형태, 예를 들어, 도 7a 및 도 7b에 예시된 실시형태에 있어서, 이동식 반사층(714)도 변형가능한 층, 본질적으로, 접적된 이동식 반사층 및 변형가능한 층으로서 작용한다.
- [0066] 이동식 요소 혹은 소자를 포함하는 MEMS 디바이스의 실시형태는, 하나 이상의 희생 재료가 전구 구조체(precursor structure)로부터 제거되거나 에칭됨으로써 완성된 MEMS 내에 공동부 혹은 개구부를 형성하는 방법에 의해 제조된다. 이러한 에칭 스텝은 전구(precursor) MEMS 내의 고정된 형태로부터 이동식 요소를 해제하므로, 이러한 에칭 스텝은 여기서는 "해제 에칭"이라 지칭한다. 따라서, 전구 MEMS는 또한 "미해제된" MEMS라고도 지칭한다. 희생 재료를 포함하는 희생 구조체는, 예를 들어, MEMS 내에 하나 이상의 공극부, 개구부 및/또는 공동부를 규정하는 패턴화된 층으로서, MEMS의 제조 시 플레이스홀더(placeholder)로서 역할한다. 특히, 정전 MEMS에 대해서, 고정식 전극과 이동식 전극 사이에 형성된 희생 구조체는 완성된 디바이스에서 공동부를 형성하는 용적을 점유한다. 예를 들어, 도 8a 내지 도 8e는 각각 도 7a 내지 도 7e에 나타낸 해제된 간접계 변조기에 대응하는 미해제된 간접계 변조기를 나타내고 있다. 미해제된 간접계 변조기(800)는 기판(820)을 포함해, 해당 기판 위에는 광학 적층체(816)가 형성되어 있다. 광학 적층체(816) 상에는 제1희생 구조체(850)가 형성되어 있다. 희생 구조체(850) 위 및 해당 희생 구조체(850)를 관통하여 연장되는 지지 구조체(818) 위에는 반사층(814)이 형성되어 있다. 도 8c 내지 도 8e에 나타낸 실시형태에 있어서, 제2희생 구조체(860)는 반사층

(814) 위에 형성되어, 변형가능한 층(834)으로부터 매달려 있다. 도 8a 및 도 8b에서, 반사층(814)은 변형가능한 층 및 이동식 전극 혹은 미러의 양쪽 모두를 나타낸다. 도 8c 내지 도 8e에 있어서, 변형가능한 층(834)과 이동식 전극 혹은 미러(814)는 별도의 구조체이다.

[0067] 몇몇 실시형태에 있어서, 해제 예칭은 제1희생 구조체(850) 및, 만약 존재한다면, 제2희생 구조체(860)를 선택적으로 예칭하는 하나 이상의 예칭제에 미해제된 간접계 변조기를 노출시키는 단계, 도 7a 내지 도 7e의 각각에 나타낸 간접계 변조기 내에 공동부를 형성하는 단계, 이에 따라, 반사층(814)을 해제하는 단계를 포함한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 복수개의 적절한 예칭제는 제1희생 구조체(850) 및/또는 제2희생 구조체(860)(만약 존재한다면)를 예칭 제거하는 데 이용된다. 몇몇 실시형태에 있어서, 제1희생 구조체(850) 및 제2희생 구조체(860)는 동시에 예칭되는 한편, 다른 실시형태에서는, 이들은 개별적으로 예칭된다. 당업자라면, 특정 방법에 이용되는 특정 예칭제 혹은 예칭제들은 MEMS 내의 희생 재료의 동질성, 구조 재료의 동질성, MEMS의 구조체 등에 좌우될 것이라는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0068] 몇몇 실시형태에 있어서, 해제 예칭은 제1희생 구조체(850)와 제2희생 구조체(860)(만약 존재한다면)의 양쪽 모두를 선택적으로 예칭하는 기상 예칭제를 이용해서 수행된다. 기상 예칭제는 변형가능한 층(834)에 형성된 하나 이상의 예칭 구멍(도시 생략)을 통해서, 변형가능한 층(834)의 스트립들 사이의 간극을 통해서 및/또는 디바이스의 측면들을 통해서 제1희생 구조체(850)와 제2희생 구조체(860)에 접근한다. 몇몇 바람직한 실시형태에 있어서, 기상 예칭제는 불소계 예칭제, 특히, 기상 이불화제논(XeF_2)을 포함한다. 주위 온도에서, 이불화제논은 약 3.8 Torr(25°C에서 0.5 kPa)의 증기압을 지닌 고체이다. 이불화제논으로부터의 증기는 어떠한 희생 재료도, 즉, 플라즈마를 형성하는 일없이, 선택적으로 예칭한다.

[0069] 당업자라면, 희생 구조체를 포함하는 재료는 희생 재료(들)이 구조 재료에 대해 선택적으로 예칭되도록 디바이스의 구조 및/또는 비희생재료와 관련하여 선택되는 것이라는 것을 이해할 수 있을 것이다. 해제 예칭에서 예칭제로서 XeF_2 를 이용하는 실시형태에서, 희생 재료는 규소, 게르마늄, 티탄, 바나듐, 탄탈, 몰리브덴, 텅스텐, 및 이들의 혼합물, 합금 및 조합물 중 적어도 하나; 몇몇 실시형태에서는, 몰리브덴, 텅스텐, 규소, 게르마늄 또는 규소/몰리브덴을 포함할 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 희생 구조체는 유기 화합물, 예를 들어, 포토레지스트 등과 같은 중합체를 포함한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 희생 구조체는 단일 층을 포함한다. 다른 실시형태에 있어서, 희생 구조체는 복수개의 층을 포함한다. 적절한 구조 재료는 당업계에 공지되어 있다. 예칭제가 XeF_2 를 포함할 경우, 적절한 구조 재료는 XeF_2 에 의한 예칭에 견디며, 예를 들어, 실리카, 알루미나, 산화물, 질화물, 중합체, 알루미늄, 니켈, 크롬 등을 포함한다.

[0070] 도 9a는, 해제 예칭 후, 도 7d에 나타낸 실시형태와 마찬가지의 MEMS를 제공하는, 도 8d에 나타낸 실시형태와 마찬가지의 미해제된 간접계 변조기(900)의 실시형태의 측면 단면도를 나타내고 있다. 당업자라면, 예시된 실시형태를 참조하여 설명된 소정의 특징부가 도 7a 내지 도 7c 및 도 7e에 나타낸 실시형태뿐만 아니라 다른 유형의 MEMS 디바이스를 비롯한, 간접계 변조기의 다른 실시형태에서도 유용하다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0071] 예시된 실시형태에 있어서, 디바이스(900)는 기판(920)을 포함하되, 해당 기판 상에는, 전도층(916a), 부분 반사층(916b) 및 유전체층(916c)을 포함하는 광학 적층체(916)가 형성되어 있다. 광학 적층체(916)는 MEMS 디바이스의 하부 고정식 전극을 나타낸다. 지지 기둥 플러그(942)를 복수개 포함하는 바와 같은 예시된 지지 구조체는 광학 적층체(916)로부터 연장되어, 변형가능한 층(934)을 지지한다. MEMS 디바이스용의 이동식 전극을 나타내는 이동식 반사층(914)은 변형가능한 층(934)에 고정되어 있다. 복수개의 예칭제 접근 개구부 혹은 예칭 구멍(970)은, 해당 디바이스(900)의 어레이의 평면도인 도 9b에 나타낸 바와 같이, 변형가능한 층(934)에 형성되어 있다. 당업자라면, 다른 구성의 예칭 구멍은 다른 실시형태에 이용되는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0072] 광학 적층체(916)와 이동식 반사층(914) 사이에는 제1희생 구조체(950)가 형성되어 있고, 이동식 반사층(914)과 변형가능한 층(934) 사이에는 제2희생 구조체(960)가 형성되어 있다. 당업자라면, 기타 실시형태, 예를 들어, 도 8a 및 도 8b에 대응하는 몇몇 실시형태가 단지 단일의 희생 구조체를 포함하는 것을 이해할 수 있을 것이다. 몇몇 실시형태에 있어서, 제1희생 구조체(950)의 높이에 대한 길이 및/또는 폭의 애스펙트비는 약 50:1 이상, 약 100:1 이상, 약 500:1 이상 또는 약 1000:1 이상이다. 몇몇 실시형태에 있어서, 이동식 반사층(914)의 길이 및/또는 폭과 제1희생 구조체(950)의 두께 간의 비는 약 50:1 이상, 약 100:1 이상, 약 500:1 이상 또는 약 1000:1 이상이다.

[0073] 예시된 실시형태에 있어서, 상기 제1희생 구조체(950)는 조성적으로 불균일하며, 예를 들어, 적어도 제1부분(또는 요소)과 제2부분(또는 요소)을 포함한다. 제1부분과 제2부분의 각각은, 해당 제1부분과 제2부분 중 한쪽이

보다 빠른 고유의 에칭 속도를 지님으로써 다른 것보다 선택적으로 및/또는 차동적으로 에칭가능하도록 하나 이상의 희생 재료를 포함한다. 당업자라면, 많은 재료는 특정 조건 하에 주어진 에칭제에 의해 에칭가능하지만, 디바이스 제조에 실제 이용하기에는 너무 낮은 속도를 지닌 것도 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 명세서에서 이용되는 바와 같은 "에칭가능"이란 용어는 주어진 에칭제가 디바이스의 제조에 유용한 속도로 에칭하는 재료를 의미한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 제1부분과 제2부분은 상이한 속도이며, 이를 각각은 상이한 에칭제에 의해 에칭된다. 몇몇 실시형태에 있어서, 제1부분과 제2부분은 공통 에칭제에 의해 에칭가능한 상이한 재료이다. 몇몇 실시형태에 있어서, 제1부분과 제2부분은 내부 압축량, 밀도 및/또는 응력의 레벨이 상이한 상태로 형성 혹은 증착된다. 내부 압축량, 밀도 및/또는 응력의 레벨이 상이한 재료를 제조하는 방법은, 예를 들어, 과워, 바이어스, 압력, 흐름, 이들의 조합 등을 비롯한 증착 파라미터를 제어함으로써 당업계에 공지되어 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 제1부분과 제2부분은 상이하게 도핑된다. 몇몇 실시형태에 있어서, 제1부분과 제2부분 중 적어도 한쪽은, 예를 들어, 이온 주입, 부동태화(passivation) 등에 의해 변성된다.

[0074] 몇몇 바람직한 실시형태에 있어서, 제1부분과 제2부분 중 한쪽은 단일 에칭제, 예를 들어, XeF_2 를 이용해서 다른 쪽에 비해서 선택적으로 에칭가능하다. 전술한 바와 같이, XeF_2 에 의해 에칭가능한 희생 재료로는 규소, 게르마늄, 티탄, 바나듐, 탄탈, 몰리브덴, 텅스텐, 및 이들의 혼합물, 합금 및 조합물 중 적어도 하나; 몇몇 실시형태에서는, 몰리브덴, 텅스텐, 규소, 게르마늄 또는 규소/몰리브덴을 들 수 있다. 이를 재료 중 어느 것에 대해 견줄만한 벌크 에칭 속도(bulk etching rate)의 예로는 W/Si , 2.5:1; Mo/Si , 6:1; Ti/Si , 85:1, Si/SiN , 1,000:1; Si/SiO_2 , 10,000:1을 들 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, SiN 및 SiO_2 는 XeF_2 에 대한 에칭 정지부로서 기능하며, 당업계에 공지된 기타 에칭제를 이용해서 더욱 신속하게 에칭된다. 당업자라면, 재료의 다른 조합도 다른 실시형태에서 유용하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 에칭제가 XeF_2 인 경우, 실시형태는 제1부분과 제2부분의 조합, 예를 들어, W/Si , Mo/Si , Ti/Si 를 포함한다.

[0075] 제1희생 구조체(950)의 몇몇 실시형태에 있어서, 제1부분은 실질적으로 동일하거나 유사한 조건 하에 형성된 재료의 적어도 두 영역을 포함하고, 제2부분은 제1부분의 인접한 영역 사이의 계면 영역을 포함한다. 예를 들어, 몇몇 실시형태에 있어서, 제1부분은 제1층과 제2층의 벌크를 포함하며, 제2부분은 제1층과 제2층 간의 계면 영역을 포함한다. 다른 실시형태에 있어서, 제1부분은 다른 구조, 예를 들어, 세립(granule), 봉, 바늘 등과 같은 형상을 지닌 영역을 포함한다. 기타 실시형태는 이들 형태의 조합을 포함한다. 당업자라면, 제1부분 영역의 에칭 속도가 실질적으로 유사하거나 동일하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그럼에도 불구하고, 몇몇 실시형태는, 이하에 더욱 상세히 설명하는 바와 같이, 유사한 단일 요소 희생 구조체에 비해서 제1희생 구조체(950)의 개선된 에칭 속도를 나타낸다.

[0076] 제1부분의 적절한 희생 재료는 상이한 에칭 속도를 지닌 희생 요소에 대해서 전술한 희생 재료와 유사하다. 몇몇 실시형태에 있어서, 예를 들어, 규소, 게르마늄, 티탄, 바나듐, 탄탈, 몰리브덴, 텅스텐, 및 이들의 혼합물, 합금 및 조합물 중 적어도 하나를 포함하는 희생 재료(들)는 불소계 에칭제(예를 들어, XeF_2)를 이용해서 에칭 가능하다. 몇몇 실시형태에서, 에칭제가 XeF_2 를 포함할 경우, 희생 재료는 몰리브덴, 텅스텐, 규소, 게르마늄, 및/또는 규소/몰리브덴을 포함한다.

[0077] 제2부분을 형성하는 개재층은 제1부분의 인접한 표면층뿐만 아니라, 해당 인접한 표면층의 표면 상에 형성된 화합물, 그리고 그 위에 형성 및/또는 증착된 임의의 오염물도 포함하는 것으로 여겨진다. 재료의 가장 상부층은 전형적으로 그 벌크보다 높은 자유 에너지를 지닌다. 표면 원자는 그 아래 및 측면에 이웃을 지니지만 위에는 아무것도 지니지 않기 때문에, 격자는 그 표면에서 왜곡(distortion)된다. 왜곡은 전형적으로 재료의 수개의 층을 통해서 아래쪽으로 전파된다. 이를 왜곡은 재료의 상부의 수개의 층의 자유 에너지를 증가시키고, 이에 따라, 이를 층에서의 원자의 반응성을 증가시킨다. 최상부의 원자는 또한 이를 원자가 그들 위쪽에 이웃을 지니지 않으므로, "댕글링 결합"(dangling bonds)을 지닌다. 따라서, 최상부의 원자는 극히 반응성이어서, 예를 들어, 주위 환경 내의 화합물에 따라 산화물, 수산화물, 질화물, 탄화물, 불화물, 수화물 등을 형성한다. 이 표면층 위에 증착된 새로운 층은, 표면층이 용의주도하게 세정되지 않는 한, 에피택셜이 아닐 것이다. 따라서, 새로운 층의 최하부의 원자는 비교적 "더러운" 면 위에 증착되어, 또한, 밑에 있는 면과 반응하기 쉽게 될 수 있다. 이 개재층은 희생층의 벌크와는 상이한 에칭 특징을 나타낸다.

[0078] 몇몇 실시형태에 있어서, 제1희생 구조체(950)는 경사 희생층을 포함하며, 그 조성은 제1부분으로부터, 해당 제

1부분과 제2부분의 혼합물을 거쳐, 제2부분까지 변화한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 제1부분과 제2부분 간의 구배(gradient)는 대체로 수직이며, 즉, 희생 구조체(950)의 상부(예를 들어, 이동식 반사재(914)에 근접)에서 제1부분과 제2부분 중 한쪽이 보다 높은 농도를 지니고, 희생 구조체(950)의 하부(예를 들어, 광학 적층체(916)에 인접)에서 제1부분과 제2부분 중 다른 쪽이 보다 높은 농도를 지닌다. 바람직하게는, 제1부분과 제2부분의 보다 빠른 에칭은 에칭 구멍(970)(도 9b)에 인접하게 배치되고, 해당 에칭 구멍은, 예시된 실시형태에서, 변형가능한 층(934) 내에 형성되어 있다. 경사층을 제조함에 있어서, 예를 들어, PVD 방식, CVD 방식 및 ALD 방식뿐만 아니라 이들의 조합 등의 임의의 적절한 형성 방법이 이용된다.

[0079] 몇몇 실시형태, 예를 들어, 도 9c의 단면도에 나타낸 실시형태에 있어서, 제1희생 구조체(950)의 제1부분은 제1희생층(952)을 포함하고, 제2부분은 제2희생층(954)을 포함한다. 예시된 실시형태에 있어서, 제1희생층(952)과 제2희생층(954)은 동일한 에칭제, 바람직하게는, 기상 에칭제, 예컨대, XeF₂에 의해 에칭가능하다. 몇몇 실시형태에 있어서, 보다 빠른 에칭 희생층이, 이하에 더욱 상세히 설명하는 바와 같이, 구조층, 예를 들어, 이동식 반사재(914) 및/또는 광학 적층체(916)에 인접하게 배치된다. 몇몇 실시형태에 있어서, 보다 빠른 에칭 희생층이 에칭 구멍(970)(도 9b) 부근에 배치된다. 따라서, 몇몇 실시형태에 있어서, 제2희생층(954)은 제1희생층(952)보다 빠르게 에칭된다. 해제 에칭에 있어서, 에칭제는 위에서 설명된 바와 같이 변형가능한 층(934) 내의 에칭 구멍(970)(도 9b)을 통해 희생 구조체(950)와 접촉한다.

[0080] 희생층(952), (954)의 상대적인 두께는 당업계에 공지된 인자, 예를 들어, 상대 에칭 속도, 제1희생 구조체의 전체 에칭 속도, 각 층을 형성하는 용이성, 각 층에 대한 증착 시간, 열 소모 비용(thermal budget), 에칭 후 남아 있는 잔사, 비용 등에 따라 선택된다. 몇몇 실시형태에 있어서, 희생층(952), (954)의 상대적인 두께는, 예를 들어, 그들 에칭 속도의 상대적인 차이에 의거해서 각 층에 대한 특정 재료의 선택에 의해, 구조층의 초기의 기계적 결합 해제를 제공하도록 선택된다. 몇몇 실시형태에 있어서, 희생층(952), (954)의 상대적인 두께는 약 1:100 내지 약 100:1, 약 10:90 내지 약 90:10, 약 20:80 내지 약 80:20, 약 40:60 내지 약 60:40, 또는 약 50:50이다. 당업자라면, 조합된 희생층(952), (954)의 전체 두께는, 색을 포함하는 인자에 좌우될 것이며, 예를 들어, 디바이스가 간접계 변조기인 경우, 약 50nm 내지 약 300nm, 예를 들어, 약 100nm라는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0081] 다른 실시형태에 있어서, 제1희생 구조체(950)는 희생층의 다른 조합을 포함하며, 그 중 일부는 몇몇 실시형태에서 경사져 있다. 예를 들어, 도 9c에 나타낸 디바이스(900)의 몇몇 실시형태에서, 제1희생층(952)과 제2희생층(954) 중 적어도 한쪽은 경사 희생층이다. 제1희생 구조체(950)의 다른 실시형태는 2개 이상의 희생층을 포함하되, 그 중 하나 이상은 경사져 있을 수 있다. 예를 들어, 도 9d에 나타낸 제1희생 구조체(950)는 제1희생층(952), 제2희생층(954) 및 제3희생층(956)을 포함한다. 전술한 바와 같이, 몇몇 실시형태에 있어서, 희생 구조체(950)에서의 비교적 빠른 에칭 희생층은 구조 소자, 예를 들어, 이동식 반사재(914) 및 광학 적층체(916)에 인접하게 배치된다. 따라서, 몇몇 실시형태에 있어서, 제1희생층(952)과 제3희생층(956) 중 적어도 한쪽은 제2희생층(954)보다 빠른 속도에서 에칭가능하다.

[0082] 희생 구조체(950)에서 경사 혹은 비경사 희생층의 각각은, 임의의 적절한 형성 방법, 예를 들어, PVD 방식, CVD 방식 및/또는 ALD 방식 중 하나 이상에 의해서뿐만 아니라, 스판 코팅, 이들의 조합 등에 의해서 형성된다.

[0083] 제2희생 구조체, 예를 들어, 도 9c에 나타낸 제2희생 구조체(960)를 포함하는 몇몇 실시형태에 있어서, 제2희생 구조체(960)는, 예를 들어, 하나 이상의 경사 및/또는 비경사 희생층을 포함하는 제1희생 구조체(950)에 대해서 위에서 설명한 것과 유사한 불균일 구조를 지닌다. 몇몇 실시형태에 있어서, 제2희생 구조체(960)는 희생 재료의 단일층을 포함한다.

[0084] 도 10은 도 9c 내지 도 9g에 나타낸 실시형태를 참조하여 MEMS를 제조하는 방법(1000)의 일 실시형태를 나타낸 순서도이다. 당업자라면, 해당 방법(1000)이 다른 설계의 MEMS의 제조에도 적용가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0085] 스텝 1010에서, 제1구조층과 제2구조층 사이에 희생 구조체가 형성된다. 예를 들어, 도 9a에 나타낸 실시형태에 있어서, 제1희생 구조체(950)는 복수개의 구조 특성부, 예를 들어, 기판(920)과 광학 적층체(916) 위에 형성된다. 전술한 바와 같이, 예시된 실시형태에서는, 이어서, 광학 적층체(916)가 3개의 층, 즉, 전도층(916a), 부분 반사층 혹은 흡수재(916b) 및 유전체층(916c)을 포함한다. 희생 구조체(950)는, 전술한 바와 같이, 예를 들어, PVD 방식, CVD 방식 및/또는 ALD 방식에 의해, 스판 코팅에 의해, 이들의 조합 등에 의해 형성된다. 제2구조층, 예를 들어, 변형가능한 층(934)이 상기 희생 구조체(950) 위에 형성된다. 예시된 실시형태는 또한 이

동식 반사층(914)을 포함하며, 이것은 희생 구조체(950) 위에 형성된 다른 구조 특징부이다.

[0086] 임의선택적인 스텝 1020에서, 에칭 개구부가 구조층들 중 하나에 형성된다. 예를 들어, 도 9b는 변형가능한 층(934) 내에 형성된 에칭 개구부(970)를 예시하고 있다. 해당 에칭 개구부는 에칭제가 희생 구조체의 적어도 일부에 접근하는 것을 허용한다.

[0087] 스텝 1030에서, 희생 구조체가 에칭 제거되고, 이에 따라, 희생 구조체가 완전히 에칭 제거되기 전에 구조층을 기계적으로 에칭 제거한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 에칭제는 에칭 조건 하에 구조층 및 구조 특징부 위에 희생 구조체를 선택적으로 에칭한다. 몇몇 실시형태에서는, 동일한 에칭제가 상기 희생 구조체의 제1부분과 제2부분의 양쪽을 에칭하고 있지만, 이때의 에칭 속도는 다르다. 다른 실시형태는 제1부분 및 제2부분에 대해서 상이한 에칭제를 이용한다. 예를 들어, 이들 실시형태의 일부에 있어서, 제1부분 혹은 제2부분 중 단지 한쪽만이 이 단계에서 에칭된다. 몇몇 실시형태에 있어서, 에칭제는 기상 에칭제, 예를 들어, XeF_2 이다.

[0088] 도 9e는 부분 해제 에칭 후의 도 9c의 디바이스(900)의 단면을 나타내고 있다. 예시된 실시형태에서, 제2희생 구조체는 이 에칭 단계에서 완전히 에칭 제거되고; 다른 실시형태에 있어서, 제2희생 구조체의 적어도 일부는 미에칭 상태로 남는다. 에칭의 예시된 단계에서, 에칭 구멍에 가장 가까운 제2희생층(954)의 부분은 완전히 에칭 제거된다. 에칭 구멍으로부터 비교적 먼 제2희생층(954)의 나머지 부분은 희생 재료의 예시된 섬을 형성한다. 마찬가지로, 에칭제에 노출된 제1희생층의 부분(952a)이 에칭되기 시작한다. 당업자라면, 제1희생층(952)과 제2희생층(954) 사이의 상대적인 에칭도가 에칭 조건 하에 선택된 에칭제에 의한 그들의 상대 에칭 속도에 의존할 것이라는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0089] 상이한 재료, 예를 들어, 제2희생층(954)과 이동식 반사층(914)의 하부 사이의 계면을 따라 수평 및 수직 방향으로 전파되는 에칭 전면(etch front)을 따라 에칭이 일어나는 것으로 여겨진다. 에칭 전면의 뒤쪽에는, 벌크 희생층(954)이 에칭되고, 이에 따라, 도 9e에 나타낸 섬을 형성한다. 당업자라면, 에칭 전면에서의 재료의 에칭 속도가 반드시 벌크 재료의 에칭 속도와 상호 관련되어 있을 필요가 없다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0090] 도 9f는 더욱 에칭 과정을 따른 디바이스(900)를 나타내고 있다. 예시된 실시형태에서, 제2희생층의 일부의 미에칭 부분은 변형가능한 층(914)과 제1희생층(952) 사이에 연장되는 기둥 형상부(954b)를 형성한다.

[0091] 몇몇 실시형태에 있어서, 기둥 형상부(954b)는, 이 단계에서 적어도 하나의 인접한 층, 예를 들어, 예시된 실시형태에서는, 이동식 반사층(914) 혹은 제1희생층(952)으로부터 기계적으로 결합 해제되게 된다. 따라서, 제2희생층(954)의 위쪽에 있는 구조층은 제2희생층의 아래쪽에 있는 구조층으로부터 기계적으로 결합 해제된다. 제2희생층(954)이 에칭됨에 따라, MEMS의 상대적으로 이동가능한 요소들, 예시된 예에 있어서, 제2희생층(954)의 위쪽에 있는 요소들(예컨대, 이동식 반사층(914), 변형가능한 층(934))과 제2희생층(954)의 아래쪽에 있는 요소들(예컨대, 제1희생층(952), 광학 적층체(916), 기판(920)) 간의 MEMS(900) 내의 응력은, 기둥 형상부(954b)에 집중되거나 집속된다. 몇몇 실시형태에 있어서, 응력, 예를 들어, 전단 및/또는 인장 응력은 기둥 형상부(954b)와 인접한 층 혹은 구조체, 예를 들어, 예시된 실시형태에서는 이동식 반사층(914)과 제1희생층(952) 중 적어도 한쪽 간의 기계적 분리를 유발시킨다.

[0092] 예를 들어, 몇몇 실시형태에 있어서, 기둥 형상부(954)의 재료는, 예를 들어, 이동식 반사층(914)의 인접한 층의 재료에도 부착되지 않는다. 이들 요소 간의 응력은 기둥 형상부(954b)와 이동식 반사층(914) 간에, 예를 들어, 기둥 형상부의 상부(914a)에서의 그들의 계면에서 기계적 분리를 유발한다. 이동식 반사층(914)이 알루미늄 및/또는 알루미늄 합금을 포함하는 실시형태에서, 제2희생층(954)용의 적절한 약-부착형 재료로는 게르마늄과 몰리브덴 산화물을 들 수 있다. 당업자라면, 다른 실시형태에서는 다른 재료가 유용하고, 특정 재료는 약-부착형 층에 인접한 재료, 에칭 시스템 등에 좌우될 것이라는 것을 이해할 수 있을 것이다. 몇몇 실시형태에 있어서, 기둥 형상부(954b)와 제1희생층(952)은 기둥 형상부의 하부(9526)에서, 즉, 제1희생층(952)으로부터 이 단계에서 기계적으로 결합 해제된다. 몇몇 실시형태에 있어서, 제1희생층(952)은 유전체층(916c)에 약하게 부착됨으로써 이를 층들 간의 기계적 결합 해제를 용이하게 한다. 몇몇 실시형태에 있어서, 제1희생층(952) 및 제2희생층(954)의 각각은 인접한 층, 예를 들어, 구조 및/또는 희생층에 약하게 부착된다. 다른 실시형태에 있어서, 희생 구조체(950)는 적어도 하나의 인접한 층, 예를 들어, 이동식 반사층(914) 및/또는 유전체층(916c)에 약하게 부착되는 단일 층을 포함한다.

[0093] 당업자라면, 약-부착형 층은 인접한 층에 충분히 부착되어 디바이스의 제작을 가능하게 하지만, 에칭 동안 인접한 층으로부터 결합 해제하기에 충분히 약한 부착력을 지닌다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 전술한 바와 같이, 결합 해제는, 약-부착형 층이 섬 및/또는 기둥 형상부 내로 에칭됨에 따라 해당 약-부착형 층과 인접 층 간

의 접촉 면적이 저감됨으로써 일어나게 된다. 에칭이 진행됨에 따라, 층들 간의 전체적인 응력이 일정하게 유지됨으로써, 섬 및/또는 기둥 형상부에 대한 응력을 집중시키게 된다. 어떤 지점에서는, 응력이 층들 간의 부착력을 능가하여 층이 결합 해제된다.

[0094] 다른 실시형태에 있어서, 기둥 형상부(954b)는 에칭의 이 예시된 단계에서 인접한 층으로부터 기계적으로 결합 해제되지 않는다.

[0095] 도 9g는 더욱 에칭 과정을 따른 디바이스(900)를 나타내고 있다. 에칭의 도시된 단계에서, 제2희생층(954)은 실질적으로 완전히 에칭 제거됨으로써, 해당 제2희생층의 아래쪽에 있는 층들(예컨대, 제1희생층(952), 광학 적층체(916), 기판(920))로부터 해당 제2희생층 위에 있는 층들(예컨대, 이동식 반사층(914), 변형가능한 층(934))을 기계적으로 결합 해제한다. 예시된 실시형태에서, 제1희생층(952)의 상당한 부분이 미에칭 상태로 남아 있지만, 다른 실시형태에서는, 이 단계에서 제1희생층(952)이 더 많이 에칭 제거된다.

[0096] 스텝 1040에서, 희생 구조체의 나머지 부분은 동일한 에칭제 혹은 상이한 에칭제를 이용해서 에칭 제거된다. 도 9g에 나타낸 디바이스에 있어서, 제1희생층(952)의 나머지 부분을 에칭 제거함으로써, 도 7d에 나타낸 것과 마찬가지의 디바이스를 제공한다.

[0097] 방법(1000)은, 예를 들어, 도 9a에 나타낸 바와 같이, 희생 구조체가 경사층을 포함하는 디바이스를 이용해서 MEMS를 제조하는 데도 이용가능하다. 예를 들어, 경사 제1희생 구조체(950)가 상부에서 보다 빠른 에칭 조성 및 하부에서 보다 느린 에칭 조성을 포함하는 실시형태에 있어서, 스텝 1030에서, 희생 구조체(950)의 상부는 수평방향으로는 비교적 빠르게, 수직방향으로는 비교적 느리게 에칭됨으로써, 도 9h에 나타낸 희생 구조체(950)를 제공한다. 스텝 1040에서 에칭이 완료되면, 도 7d에 나타낸 것과 마찬가지의 디바이스를 제공한다. 당업자라면, 상기 방법(1000)은 또한 전술한 바와 같이 경사층과 비경사층의 조합을 포함하고/하거나 3개 이상의 희생층을 포함하는 희생 구조체를 포함하는 MEMS 디바이스를 해제 에칭하는 데 유용하다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0098] 방법(1000)은 또한 실질적으로 동일하거나 유사한 조건 하에 형성된 재료의 적어도 두 영역으로 이루어진 제1부분, 및 제1부분의 인접한 영역 사이의 계면 영역을 포함하는 제2부분을 포함하는 제1희생 구조체를 포함하는 미에칭된 MEMS 디바이스의 실시형태로부터 MEMS 디바이스를 제조하는 데도 적용가능하다. 스텝 1010에서, 희생 구조체가 구조층 사이에 형성된다. 예를 들어, 도 9i에 나타낸 미에칭 MEMS 디바이스(900)의 실시형태는 도 9c에 나타낸 디바이스와 유사하며, 제1부분에 대응하는 제1희생층(952)과 제2희생층(954), 및 해당 제1희생층(952)과 제2희생층(954) 사이에 있는 계면 혹은 개재층(955)을 포함하는 제1희생 구조체(950)를 포함한다. 당업자라면, 희생 구조체(950)의 몇몇 실시형태가 2개 이상의 희생층을 포함하는 것임을 이해할 수 있을 것이다. 제1희생층(952)과 제2희생층(954)은 예시된 실시형태에서 실질적으로 동일한 조건 하에 형성된 실질적으로 동일한 희생 재료를 포함한다. 제1희생 구조체(950)는 광학 적층체(916)와 이동식 반사층(914) 사이에 배치되어 있다. 제1희생층(952)과 제2희생층(954)은 임의의 적절한 방법을 이용해서, 예를 들어, 스퍼터링(sputtering), 물리적 기상 증착식 방법, 화학적 기상 증착식 방법, 원자층 증착식 방법, 분자선 에피택시법, 이들의 조합 등에 의해 형성된다. 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 디바이스는 하나 이상의 희생층을 증착하기 전 및/또는 후에 세정된다.

[0099] 임의선택적인 에칭 구멍이 스텝 1020에서 형성되고, 해당 구멍은 도 9i에 도시된 실시형태의 단면에서는 볼 수 없다.

[0100] 스텝 1030에서, 제1희생 구조체(950)가 적절한 에칭제를 이용해서 에칭된다. 적절한 에칭제 및 희생 재료는 위에 설명되어 있다. 예를 들어, 몇몇 실시형태에 있어서, 에칭제는 XeF_2 를 포함하고, 희생 재료는 몰리브덴을 포함한다. 도 9j는, 제2희생층(954)이 제1희생층(952)을 통해 에칭되고, 에칭 전면(958)이 제1희생층(952)과 제2희생층(954) 사이의 계면(955)을 따라 신속하게 전파됨으로써, 그 사이에 간극(959)을 형성하고 있는 중간 구조체를 예시하고 있다. 제1희생층(952) 및 제2희생층(954)에서의 벌크 희생 재료의 에칭은 느린다. 도 9k에서, 계면(955)의 에칭이 완료되고, 얻어지는 간극(959)은 제2희생층(954)으로부터 제1희생층(952)을 기계적으로 결합 해제시킨다.

[0101] 제1희생층(952) 및 제2희생층(954)의 나머지 부분은 스텝 1040에서 에칭 제거되어, 도 7d에 나타낸 해제된 MEMS를 제공한다. 이 방법의 몇몇 실시형태는 제1희생 구조체 전체를 에칭 제거하는데 저감된 에칭제 사용 또는 보다 빠른 에칭 속도 중 적어도 하나를 빌휘한다. 개선된 에칭 속도는 제1부분과 제2부분 간의 계면(들) 혹은 이 음매에서 보다 신속한 에칭을 초래하고, 이에 따라, 모놀리식 희생 구조체의 에칭 시 노출되는 것보다 에칭제에

대한 제1부분과 제2부분의 보다 큰 면이 노출되는 것으로 여겨진다. 계면(955)에서 보다 빠른 에칭에 대한 정확한 기전은 아직 정해져 있지 않지만, 각 층의 표면 변형뿐만 아니라 해당 표면 상에 형성되는 화합물 및 그 사이에 포획되는 오염물이 그 계면을 더욱 에칭되기 쉽게 하는 것으로 여겨진다.

[0102] 예를 들어, 도 9j 및 도 9k에 나타낸 실시형태에서, 제1회생층(952)과 제2회생층(954) 간의 계면(955)의 신속한 에칭에 의해 형성된, 제1회생층(952)과 제2회생층(954) 간의 간극(959)은 에칭제에 대한 수평면(952a), (954b)을 노출시킴으로써, 전체적인 에칭 속도를 증가시킨다. 이에 대해서, 도 9i은 제1회생 구조체가 단일 회생층을 포함하는 마찬가지의 부분적으로 에칭된 MEMS 디바이스의 실시형태를 나타낸다. 예시된 실시형태에 있어서, 제1회생 구조체(950)는 부분적으로 에칭되어, 에칭제 접촉가능한 표면(950c)을 형성하며, 이것은 표면(952a), (954b)보다 작은 면적을 지닌다. 다른 모든 것이 동일할 경우, 증가된 에칭제 접촉가능한 면적은 9i에 나타낸 실시형태와 비교해서 도 9i 내지 도 9k에 나타낸 실시형태에서의 제1회생 구조체(950)의 에칭 속도를 보다 빠르게 한다.

[0103] 저감된 에칭제 사용은 몇몇 실시형태에서 증가된 에칭 속도와 연관되는 것으로 여겨진다. 어떠한 에칭 과정에 있어서, 에칭제의 일부분은 회생 구조체(들)의 회생 재료(들) 이외의 하나 이상의 재료, 예를 들어, 에칭 장치 내의 오염물, MEMS 내의 구조 재료 등에 의해 비교적 느린 속도에서 반응할 것이다. 회생 재료(들)의 전체 에칭 속도를 증가시킴으로써, 에칭제와 보다 느린 에칭 재료 간의 접촉 시간이 저감되고, 이에 따라, 이 비생산적인 에칭 과정에서 소비되는 에칭제의 양을 저감시킨다.

[0104] 도 11은, 제1회생 구조체(1150)가, 복수개의 요소 대신에 단일 요소, 예를 들어, 단일 회생층을 포함하는 층을 포함하는 것을 제외하고, 도 9f에 나타낸 디바이스와 마찬가지의 부분적으로 에칭된 MEMS(1100)의 단면도를 나타내고 있다. 예시된 실시형태에서, 미에칭 회생 재료의 기둥 형상부(1150b)는 광학 적층체(1116)와 이동식 반사층(1114) 사이에 연장되어 있다. 전술한 바와 같이, 에칭이 진행됨에 따라, MEMS의 상대적으로 이동가능한 요소들이 자유롭게 이동하게 된다. 이 이동은 비교적 움직이기 어려운 상태로 있는 MEMS의 요소들, 예를 들어, 회생 구조체(1150)의 미에칭 부분에서 응력을 유발시킨다. 제1회생 구조체(1150)로부터 재료가 에칭됨에 따라, 제1회생 구조체(1150)는 층으로부터 섬으로, 나아가서는 도 11에 나타낸 기둥 형상부(1150b)로 변화된다. 회생 구조체(1150)가 더욱 작아짐에 따라서, 응력은 더욱 커지며, 그 이유는 이동식 요소의 상대적 이동이 증가되어, 특히 기둥 형상부의 상부(1114a)에서 그리고 기둥 형상부의 하부(1150c)에서 더욱 집중되기 때문이다. 디바이스의 상대적 이동이 수직 방향이기 때문에, 응력은 전형적으로 압축 혹은 인장 성분을 포함한다. 몇몇 경우에 있어서, 응력은 기계적 고장을 일으키기에 충분하고, 이것은 MEMS의 하나 이상의 구조 소자, 예를 들어, 광학 적층체(1116) 혹은 이동식 반사층(1114)에 대한 손상으로 나타날 수 있다. 특히, 광학 적층체(1116)에 대한 손상은 전형적으로 유전체층(1116c)에 대한 손상, 예를 들어, 균열이나 파손 등을 포함한다. 유전체층(1116c)의 파손은 이어서 에칭제와 유전체층(1116c) 밑에 있는 구조 및/또는 층, 예를 들어, 부분 반사층(1116b) 간의 접촉을 허용할 수 있었다. 부분 반사층(1116b)의 재료 및 에칭제의 동일성에 따라서, 몇몇 실시형태에서는, 부분 반사층이 에칭되고, 이에 따라, 유전체층(1116c)에 대한 손상이나 파손 후에 에칭제에 의해 적어도 어느 정도 손상된다. 부분 반사층(1116b)이 에칭제에 내성이 있는 경우에도, 부분 반사층(1116b)이 얇기 때문에, 어떠한 에칭도 그의 적절한 기능에 문제가 있을 수 있다.

[0105] MEMS의 어레이의 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 상대적 이동은 변형가능한 층의 자유 가장자리부에서 가장 크며, 그 결과, 해당 자유 가장자리부에서 가장 손상되기 쉽다. 몇몇 실시형태에 있어서, MEMS의 어레이 혹은 서브어레이이는 변형가능한 층을 공유한다. 자유 가장자리부는, 전형적으로 어레이 혹은 서브어레이의 가장자리부에서 공유되지 않은 가장자리부이다.

[0106] 회생 구조체(1150)의 에칭 시 기둥 형상부(1150b)의 형성에 의해 초래되는 손상에 대한 잠재성을 저감시키는 하나의 수법은 에칭 구멍의 변경에 의하는 것, 예를 들어, 에칭 구멍의 총 면적을 증가시키는 것이다. 에칭 구멍의 총 면적은 그들의 치수를 변경함으로써, 예를 들어, 그들의 형상을 변화시키고/시키거나 그들의 크기를 증가시킴으로써 증가될 수 있다. 해당 총 면적은 또한 에칭 구멍의 수를 증가시킴으로써 증가될 수도 있다. 예를 들어, 몇몇 실시형태는 가변 치수를 지닌 에칭 구멍의 많은 수를 포함하며, 이것은 회생 구조체(들)의 신속하고 제어된 에칭을 제공한다. 어떠한 이론에도 얇매이는 일 없이, 에칭 구멍의 총 면적의 증가는 회생 구조체(1150)의 에칭 속도를 증가시키는 것으로 여겨진다. 신속한 에칭 실시형태에 있어서, 회생 구조체(1150)의 에칭 시 형성되는 기둥 형상부는 이들이 디바이스를 손상시킬 수 있기 전에 에칭되는 것으로 여겨진다. 그러나, 몇몇 실시형태에 있어서, 에칭 구멍의 면적의 증가는 이들이 형성되어 있는 변형가능한 층(1134)의 기계적 성능을 감소시킨다. 몇몇 실시형태에 있어서, 커다란 총 면적의 에칭 구멍을 지닌 변형가능한 층은 변형가능한 층(1134)의 전기 저항을 증가시킨다. 몇몇 실시형태에 있어서, 커다란 총 면적의 에칭 구멍을 지닌 변형가능한

층은 광학 디바이스의 광학 성능에 부정적으로 영향을 미치며, 예를 들어, 콘트라스트비를 저감시킨다. 또한, 커다란 및/또는 다수의 에칭 구멍은 몇몇 실시형태에서 어레이 내의 MEMS의 곡선 인자(fill factor)를 저감시킨다.

[0107] 몇몇 실시형태에 있어서, 에칭 구멍은 디바이스에 대한 어떠한 에칭에 기인된 손상도 디바이스의 비임계적인 혹은 덜 임계적인 부분을 향하도록 위치결정되어 있다. 그러나, 몇몇 실시형태에 있어서, 디바이스의 소정의 영역으로부터 에칭 반응 시 기둥 형상부 형성을 방지하는 것은 실용적이지 않다. 몇몇 실시형태에 있어서, 변형 가능한 층(1134)의 소정의 영역은 에칭 구멍을 형성하는데 적합하지 않다. 비임계적인 영역의 제공은 또한 MEMS의 어레이에서의 곡선 인자를 저감시킬 수도 있다.

[0108] 몇몇 실시형태에 있어서, 희생 구조체(1150)는 빠른 에칭 재료를 이용해서 만들어지고, 이것은, 전술한 바와 같이, 디바이스에 인식 가능한 손상을 부여하기 전에 에칭제거되는 것으로 여겨진다. 빠른 에칭 재료의 몇몇 실시 형태는 완성된 디바이스에서 정지 마찰을 유발하는 에칭 시의 잔사를 형성하는 것으로 여겨진다.

[0109] 이에 대해서, 설명된 바와 같은 희생 구조체를 포함하는 MEMS의 실시형태는 보다 적은 수의 에칭 구멍, 보다 작은 에칭 구멍, 기계적으로 보다 강인한 변형가능한 층s, 보다 높은 곡선 인자 및 저감된 정지 마찰의 일부 조합을 나타낸다.

실시예 1

[0111] 도 12의 단면도에 개략적으로 나타낸 실시형태와 마찬가지로 미해제된 간접계 변조기들의 5×6 어레이를 제조하였다. 이 미해제된 간접계 변조기(1200)는 $37\text{cm} \times 47\text{cm}$ 크기의 봉규산 유리 기판(1220)(두께 약 0.7mm)을 포함하고, 해당 기판 위에는 인듐 주석 산화물(ITO)층(약 0.5\mu m), 크롬층(약 0.006\mu m) 및 이산화규소층(약 0.05\mu m)을 포함하는 광학 적층체(1216)가 형성되어 있다. 제1희생층(1252)과 제2희생층(1254)을 포함하는 희생 구조체(1250)는 광학 적층체 위에 형성되어 있었다. 해당 희생 구조체(1250) 위에는 알루미늄 이동식 반사층(1214)(약 0.03\mu m)이 형성되어 있었다. 에칭 구멍(1270)은 이동식 반사층(1214) 내에 형성되어 있다. 실리카 지지 기둥부(1218)는 기판(1220)과 이동식 반사층(1214) 사이에 연장되어 형성되어 있었다. 하부의 제1희생층(1252)은 약 50nm 두께의 몰리브덴층을 포함하였고, 상부의 제2희생층(1254)은 약 50nm 두께의 게르마늄 및/또는 규소를 포함하였으며, 이들 두 층은 모두 PVD에 의해 증착되었다. XeF_2 증기에 의한 에칭(120s의 10 사이클) 후, 모든 희생 구조체는 에칭 제거되었다. 도 13은 블랙 마스크(1310) 및 에칭 구멍(1320)을 나타내고 있는 어레이(1300)의 일부를 기판을 통해 본 도면이다. 밝게 착색된 영역(1330)은 에칭 제거되어 있다.

실시예 2

[0113] PVD에 의해 증착된 몰리브덴의 단일층을 포함하는 희생 구조체를 구비하는, 실시예 1의 것과 마찬가지의 미해제된 간접계 변조기들의 어레이를 제조하였다. XeF_2 증기에 의한 에칭(120s의 10 사이클) 후, 일부 부분적으로 에칭된 영역뿐만 아니라 몰리브덴의 기둥 형상부가 남았다. 도 14는 블랙 마스크(1410) 및 에칭 구멍(1420)을 나타내고 있는 어레이(1400)의 기판을 통해 본 도면이다. 밝게 착색된 영역(1430)은 완전히 에칭되어 있다. 보다 어두운 영역(1440)은 부분적으로 에칭되어 있다. 몰리브덴의 기둥 형상부(1450)는 블랙 마스크(1410)의 일부 둘레에서 관찰가능하다.

실시예 3

[0115] PVD에 의해 증착된 몰리브덴의 단일층을 포함하는 희생 구조체를 구비하는, 실시예 1의 것과 마찬가지의 미해제된 간접계 변조기들의 어레이를 제조하였다. XeF_2 증기에 의한 에칭(120s의 5 사이클) 후, 희생층은 에칭 구멍의 바로 아래만 에칭되었다. 도 15는 변형가능한 층의 자유 가장자리부(1570), 에칭 구멍(1520) 및 블랙 마스크(1510)를 나타내고 있는 어레이(1500)의 기판을 통해 본 도면이다. 에칭 구멍(1520) 둘레의 밝게 착색된 원형 영역(1530)이 에칭되었고, 어두운 영역(1560)은 미에칭되어 있다.

실시예 4

[0117] 알루미늄 이동식 반사층 및 게르마늄의 단일층을 포함하는 희생 구조체를 구비하는, 실시예 1의 것과 마찬가지의 간접계 변조기들의 어레이를 제조하였다. XeF_2 증기에 의한 에칭(120s의 5 사이클)은 광학 적층체에 대해 손상 없이 완전한 해제를 제공하였다. 도 16은 에칭 후 에칭된 어레이의 기판을 통해 본 도면으로, 광학 적층체에 어떠한 결함도 없는 것을 나타내고 있다. 게르마늄 희생 구조체가 이동식 반사층에 약하게 부착되어 있고, 따라서, 이들 층을 기계적으로 결합 해제함으로써, 에칭 시 간접계 변조기에 대한 손상을 방지하는 것으로

로 여겨진다.

[0118] 실시예 5

[0119] 몰리브덴 제1희생층(두께 약 50nm) 및 계르마늄 제2희생층(두께 약 50nm)을 포함하는 희생 구조체를 구비하는, 실시예 1의 것과 마찬가지의 간접계 변조기들의 어레이를 제조하였다. 이동식 반사층은 알루미늄이었다. 얹어진 어레이는 XeF_2 에 의해 에칭(120s의 5 사이클)되었고, 이것은 광학 적층체에 대해 손상 없이 완전한 해제를 제공하였으며, 이것은 도 17에서의 에칭된 어레이의 기판을 통해 본 도면에 표시되어 있다. 계르마늄층과 알루미늄 이동식 반사층 간의 약한 부착이 에칭 시 손상을 방지하는 것으로 여겨진다.

[0120] 실시예 6

[0121] 몰리브덴 제1희생층(두께 약 50nm) 및 몰리브덴 산화물 제2희생층(두께 약 50nm)을 포함하는 희생 구조체를 구비하는, 실시예 1의 것과 마찬가지의 간접계 변조기들의 어레이를 제조하였다. 이동식 반사층은 알루미늄이었다. 도 18은 몰리브덴 산화물층(1820)과 이동식 반사층(1830) 간의 계면(1810)을 나타낸 전자 현미경 사진이다. 이들 두 층 간의 간극(1840)은 이들 재료 간의 약한 부착을 나타내고 있다. 해당 어레이는 XeF_2 에 의해 에칭되었고(120s의 5 사이클), 이것은 광학 적층체에 대해 손상 없이 완전한 해제를 제공하였으며, 이것은 도 19에서의 에칭된 어레이의 기판을 통해 본 도면에 표시되어 있다. 몰리브덴 산화물층과 알루미늄 이동식 반사층 간의 약한 부착이 에칭 시 손상을 방지하는 것으로 여겨진다.

[0122] 실시예 7

[0123] 1-층, 2-층 및 3-층 희생 구조체를 구비하는, 실시예 1의 것과 마찬가지의 미해제된 간접계 변조기들의 어레이를 제조하였으며, 이때 각 층은 동일한 조건 하에 PVD에 의해 증착된 몰리브덴이었다. 밑에 있는 면은 PVD에 의한 몰리브덴의 각 층을 증착하기 전에 세정되었다. 세정은 열 탈가스(thermal degas), 이온 스퍼터링 혹은 N_2O 플라즈마에 의해 수행되었다. 각 희생층의 두께는 하기 표 1에 제공되어 있다.

표 1

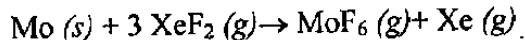
	1-층	2-층	3-층
제1층	1,980 Å	1,100 Å	660 Å
제2층		880 Å	660 Å
제3층			660 Å
합계	1,980 Å	1,980 Å	1,980 Å

[0125] "해제 반경"은 에칭제가 희생 구조체와 접촉하는 개구부, 예를 들어, 에칭 구멍 둘레의 희생 구조체의 에칭된 부분의 반경이다. 따라서, 보다 큰 해제 반경은 보다 빠른 에칭과 서로 관련되어 있다. 도 20a, 도 20b 및 도 20c는 14회의 XeF_2 에칭 사이클 후에 각 유형의 하나의 어레이에 대한 대표적인 해제 반경 등고선 맵을 나타내고 있다. 각 빛금친 레벨은 0.002mm 반경 등고선이다. 도 20a에 나타낸 단일층 희생 구조체에 대한 맵은, 중심에서 에칭이 빠르고, 현저한 반경 구배를 지닌 가장자리부에서 에칭이 느리며, 6개의 상이한 해제 반경 레벨 간격으로 되어 있는 것을 나타내고 있다. 도 20b에 나타낸 2-층 희생 구조체에 대한 맵은 전체 어레이에 대해 더욱 균일한 에칭을 나타내며, 중앙을 향하여 다소 비스듬하게 되어 있다. 도 20c에 나타낸 3-층 희생 구조체의 맵은 또한 단일층에 비해서 더욱 균일한 에칭을 나타내며 가장자리부를 향하여 다소 비스듬하게 되어 있다. 에칭 속도는 다음과 같이 증가되었다: 3-층 희생 구조체 > 2-층 희생 구조체 > 1-층 희생 구조체.

[0126] 이어서, 평균 해체 반경값이 각 어레이에 대해서 계산되었다. 도 21a는 각 유형의 어레이 수개에 대한 평균값, 최대값 및 최소값을 나타내며, 이것은 재차 3-층 희생 구조체는 2-층 희생 구조체보다 빠르고, 이어서 1-층 희생 구조체보다 훨씬 더 빠른 것을 나타내고 있다. 다층 희생 구조체는 또한 저감된 기판-대-기판 편차를 나타내었으며, 이것은 가공 균일성을 향상시킬 수 있다.

[0127] 도 21b는 전술한 바와 같이 구해진 평균, 최소 및 최대 해체 반경값을 나타내며, 여기서, 각 유형의 희생 구조체에 대한 에칭 사이클의 수는 마찬가지 평균값을 제공하도록 선택되었다. 마찬가지 해제 반경은 1-층 희생 구조체에 대해서는 14 에칭 사이클, 2-층 희생 구조체에 대해서는 11 에칭 사이클, 3-층 희생 구조체에 대해서는 10 에칭 사이클 후에 얻어졌다. 재차, 두 다층 희생 구조체는 단일층 희생 구조체에 비해서 보다 빠른 에칭과 개선된 균일성을 나타내었다.

[0128] 에칭 툴(etching tool)에서의 압력과 에칭 사이클 간의 상관은 1-층, 2-층 및 3-층 희생 구조체를 포함하는 어레이에 대해서 도 22에 예시되어 있다. 에칭실 내의 압력을 다음 식에 따라 에칭 동안 증가한다:



[0129] 따라서, 에칭은 압력이 안정한 값으로 떨어지면 완료된다. 3-층 희생 구조체의 에칭은 약 8 에칭 사이클 후 완료되는 한편, 2-층은 약 9 사이클 후 완료되었으며, 1-층은 12 사이클 후 완료되었다.

[0130] 1-층, 2-층 및 3-층 희생 구조체를 구비한 어레이는 2 에칭 사이클에 의해 부분적으로 해제된다. 도 23a 내지 도 23f는, 표 2에서 확인되는 바와 같이, 각 어레이의 중심과 모서리로부터 간접계 변조기의 단면의 SEM 사진이다.

표 2

	1-층	2-층	3-층
중심	도 23a	도 23c	도 23e
모서리	도 23b	도 23d	도 23f

[0132] 각 사진에 있어서, 에칭 구멍은 상부 층의 왼쪽에 형성되어 있고, 에칭은 희생 구조체의 오른쪽으로 진행하며, 이것은 이들 사진에서 보다 밝게 착색된 층으로서 나타난다. 도 23a 및 도 23b에 나타낸 단일층 희생 구조체의 에칭에 있어서, 에칭 구멍의 오른쪽에 대한 에칭 전면은 대체로 수직이다. 이에 대해서, 도 23c 내지 도 23f에 나타낸 다층 희생 구조체에 있어서, 에칭 전면은 희생층 간의 계면을 따라 겉보기에 수평으로 뻗어 있다. 도 23c 및 도 23d에 나타낸 2-층 희생 구조체에 대해서, 에칭 전면은 층의 계면을 따라 연장되어 하나의 지점까지 점점 가늘게 되어 있다. 3-층 희생 구조체의 에칭 전면은, 도 23e 및 23f에 나타낸 바와 같이, 두 희생층 계면을 따라 뻗어 두 점까지 점점 가늘게 되어 있다.

[0133] 당업자라면, 예를 들어, 요소들 및/또는 단계들을 추가 및/또는 제거하고/하거나 그들의 순서를 변경함으로써 상기 기재된 장치 및 제조방법의 변경이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 또, 본 명세서에 기재된 방법, 구조 및 시스템은 다른 유형의 MEMS 디바이스, 예를 들어, 다른 유형의 광학 변조기를 비롯한 기타 전자 디바이스에 유용하다.

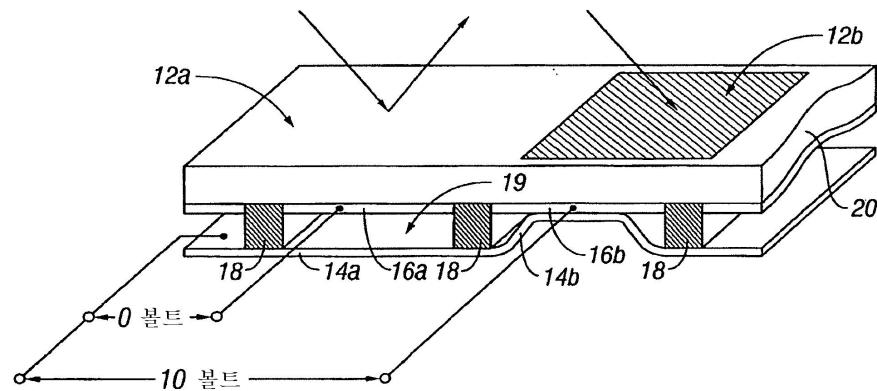
[0134] 또, 이상의 상세한 설명은 다양한 실시예에 적용되는 본 발명의 새로운 특징들을 도시하고, 묘사하며, 지적하고 있지만, 예시된 장치 또는 방법의 형태나 상세한 설명에 있어서 다양한 생략, 대체 및 변화들이 본 발명의 정신으로부터 벗어나는 일 없이 당업자에 의해 이루어질 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다. 또, 인식하고 있는 바와 같이, 몇몇 특징들은 다른 것들과 분리되어 사용되거나 실행될 수도 있으므로, 본 발명은 여기에서 설명된 모든 특징들과 장점들을 제공하지 않는 형태 내에서 구현될 수도 있다.

부호의 설명

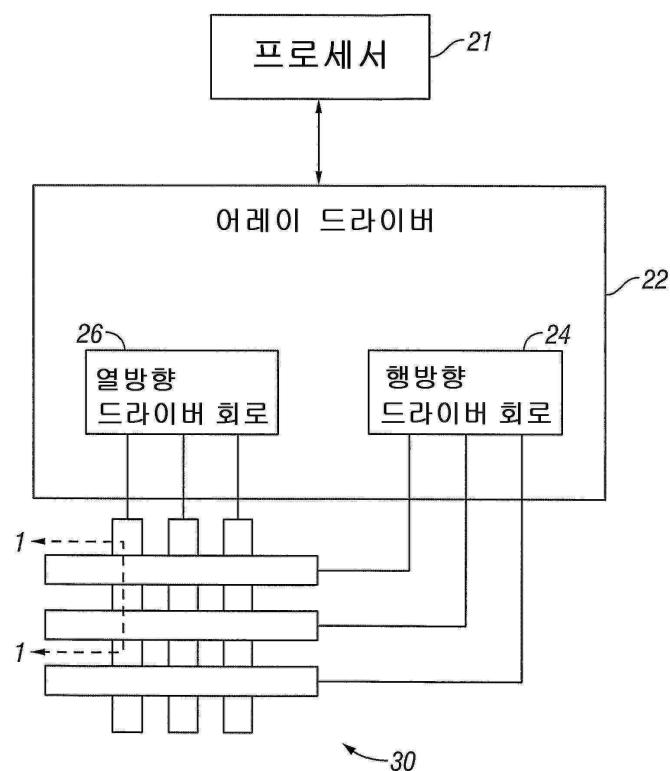
914: 이동식 반사층	916: 광학 적층체
916a: 전도층	916b: 부분 반사층
916c: 유전체층	920: 기판
934: 변형가능한 층	950: 제1희생 구조체
952: 제1희생층	954: 제2희생층
956: 제3희생층	959: 간극
960: 제2희생 구조체	
970: 에칭 구멍(혹은 에칭제 접근 개구부)	

도면

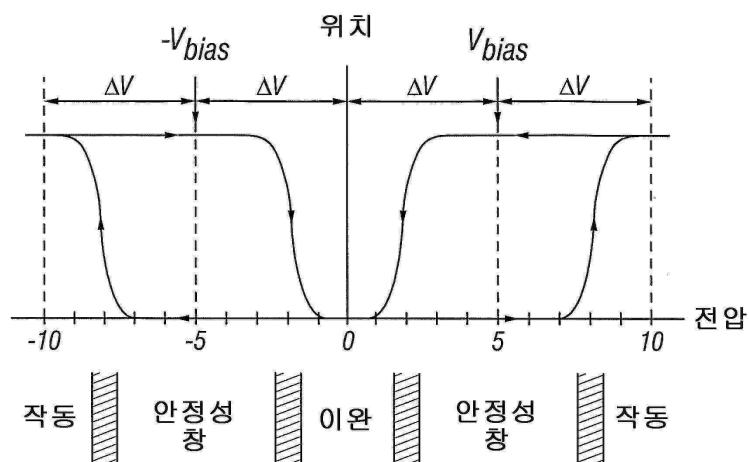
도면1



도면2



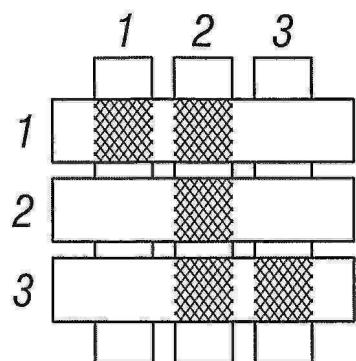
도면3



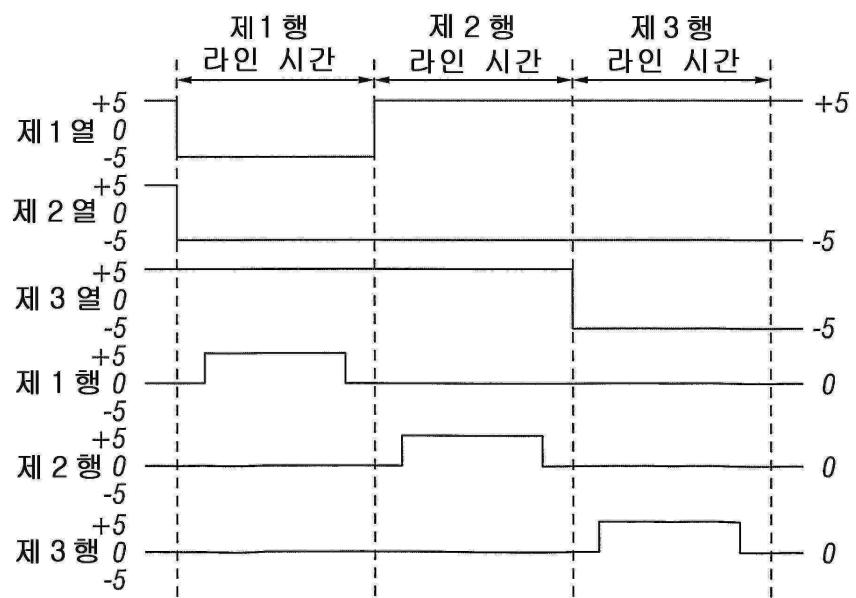
도면4

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

도면5a

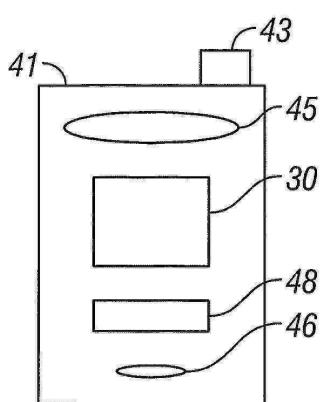


도면5b

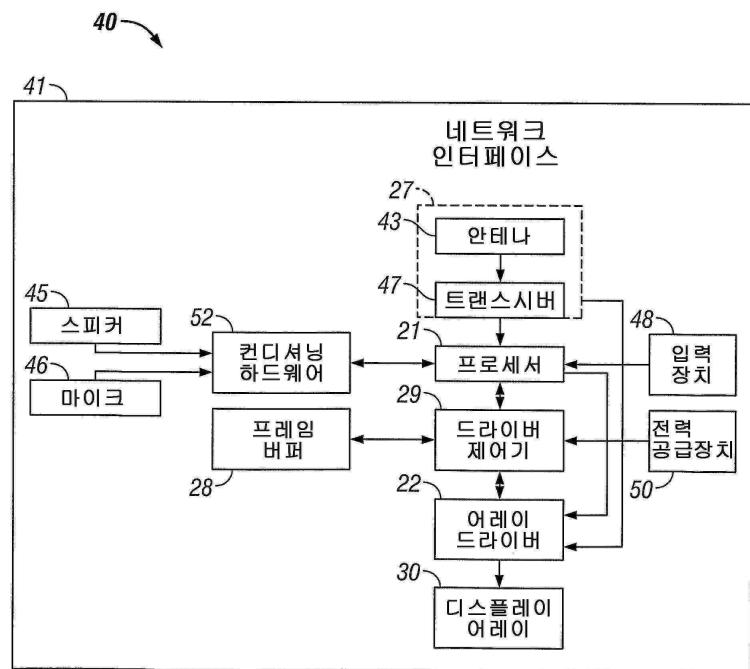


도면6a

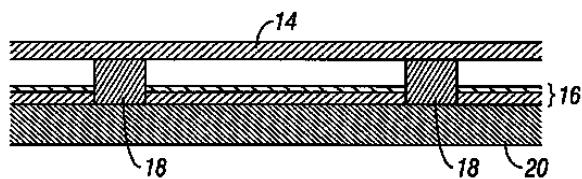
40 ↗



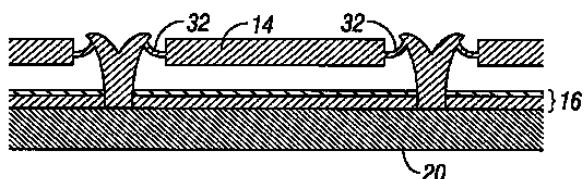
도면6b



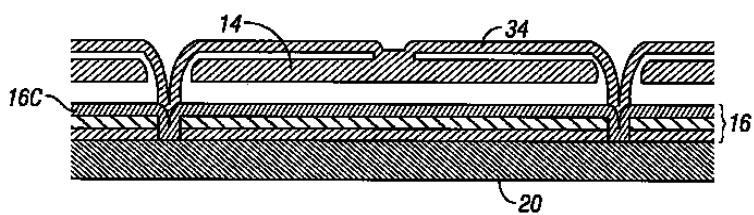
도면7a



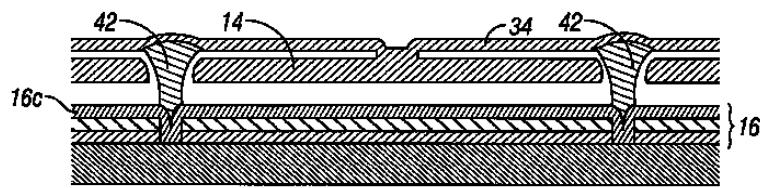
도면7b



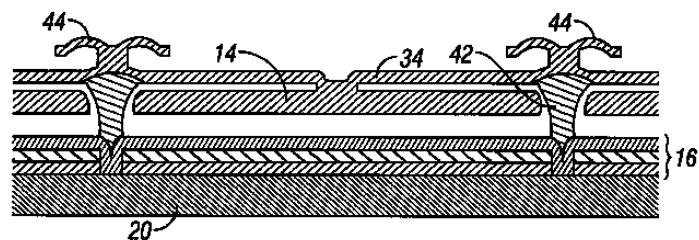
도면7c



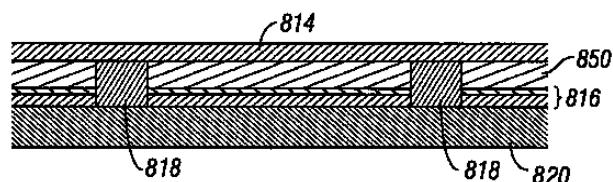
도면7d



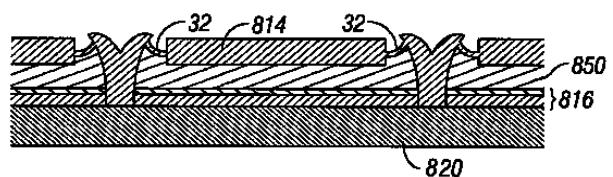
도면7e



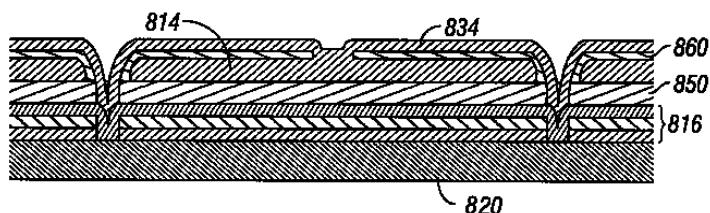
도면8a



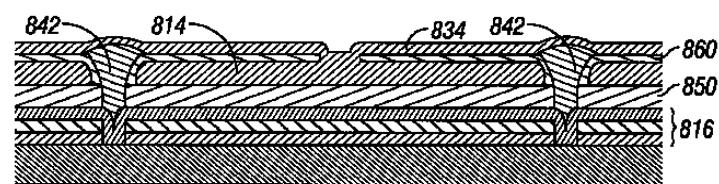
도면8b



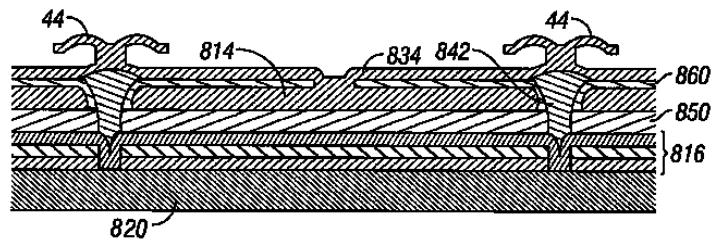
도면8c



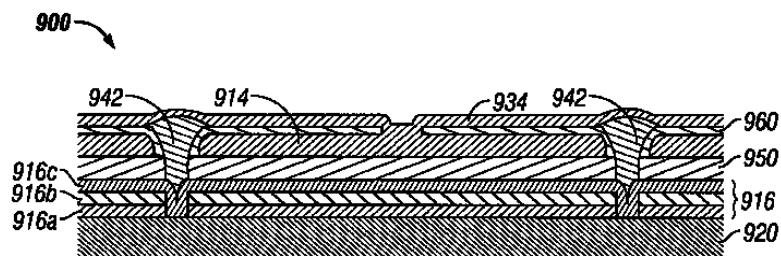
도면8d



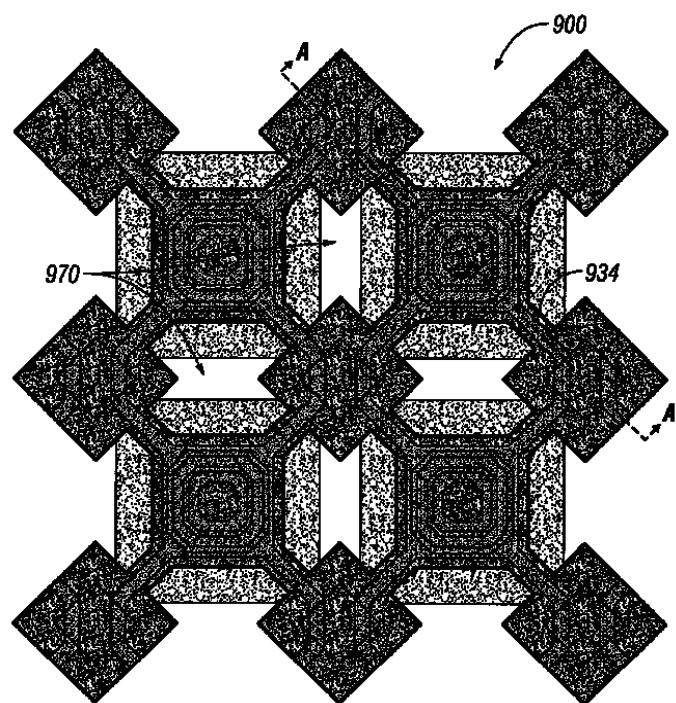
도면8e



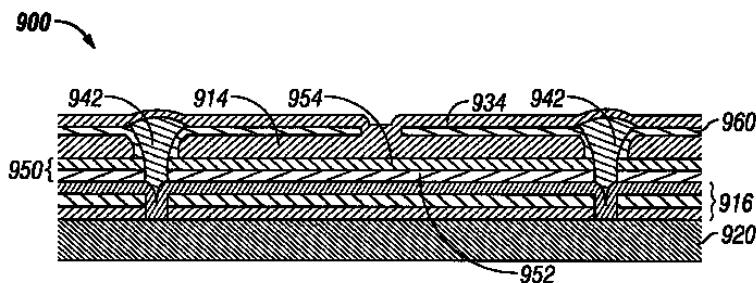
도면9a



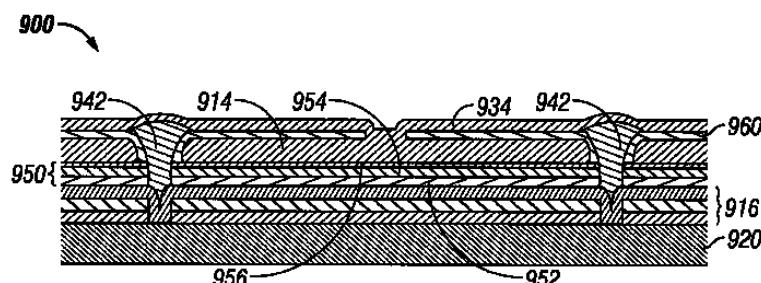
도면9b



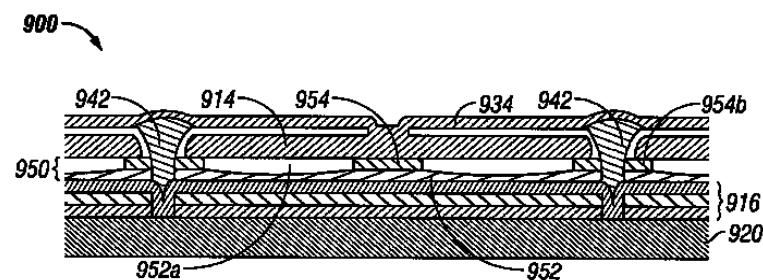
도면9c



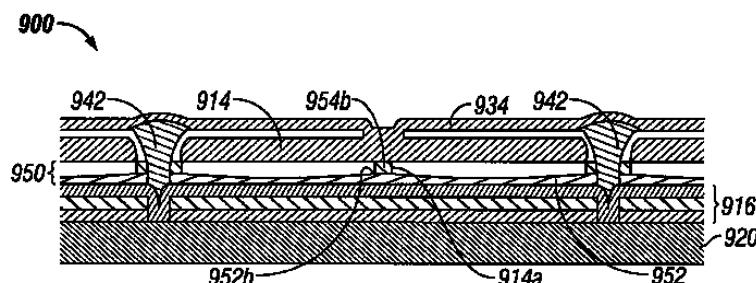
도면9d



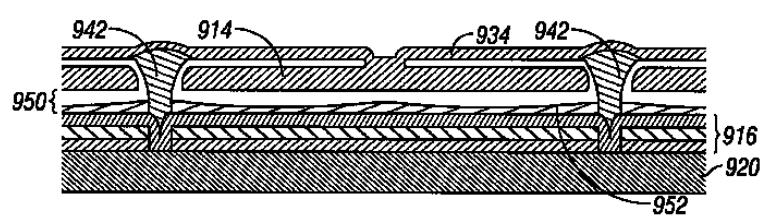
도면9e



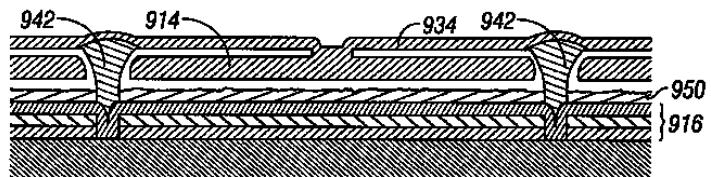
도면9f



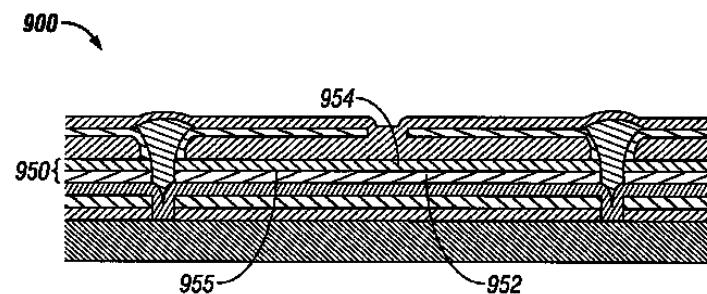
도면9g



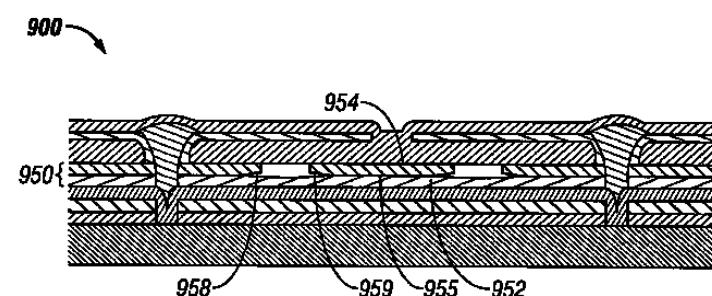
도면9h



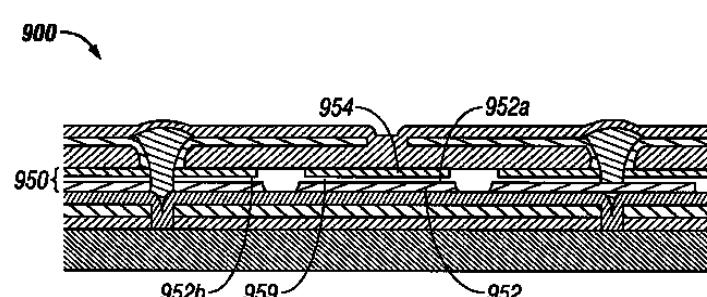
도면9i



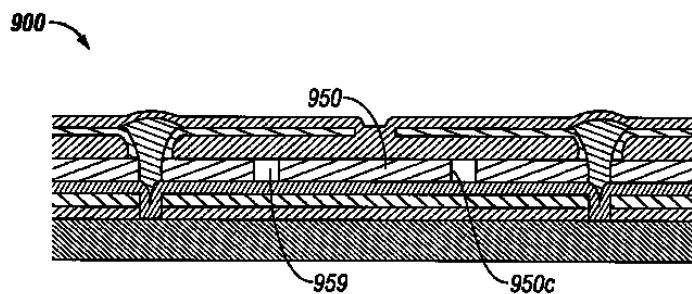
도면9j



도면9k



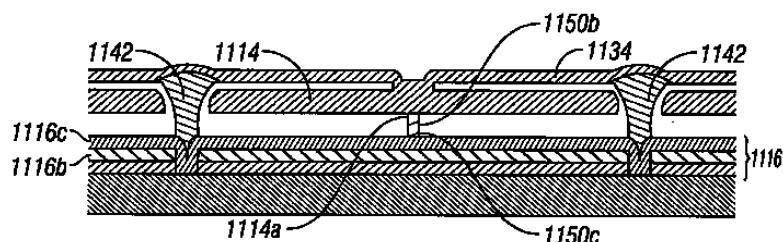
도면91



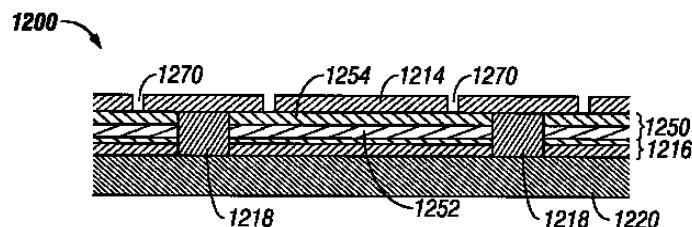
도면10



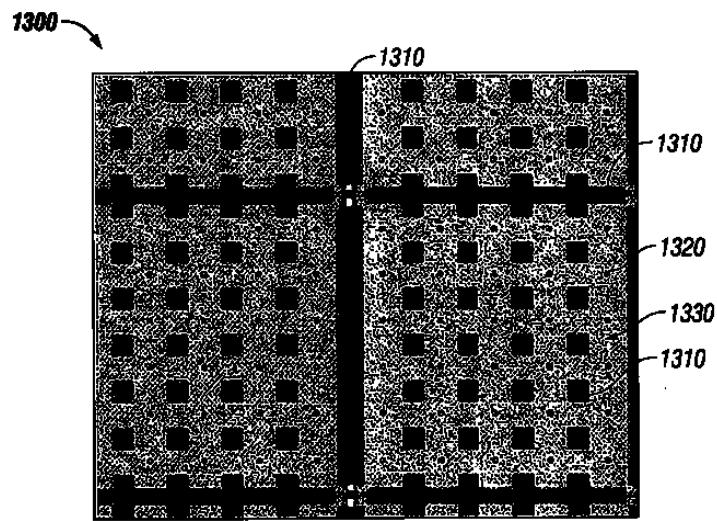
도면11



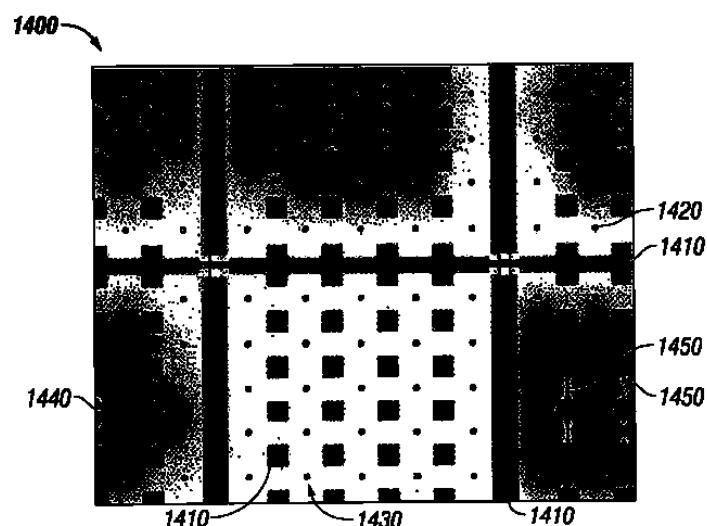
도면12



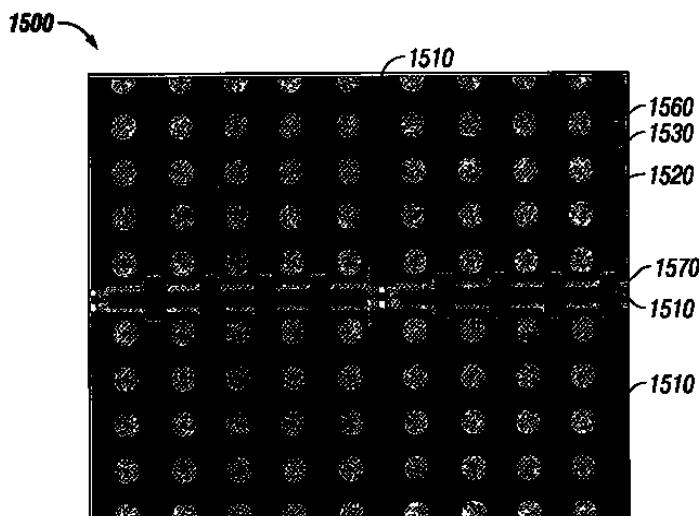
도면13



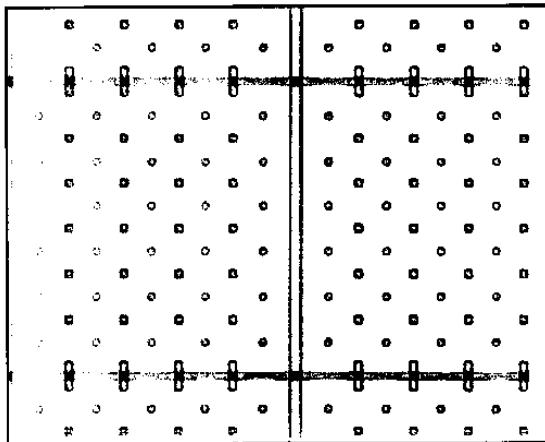
도면14



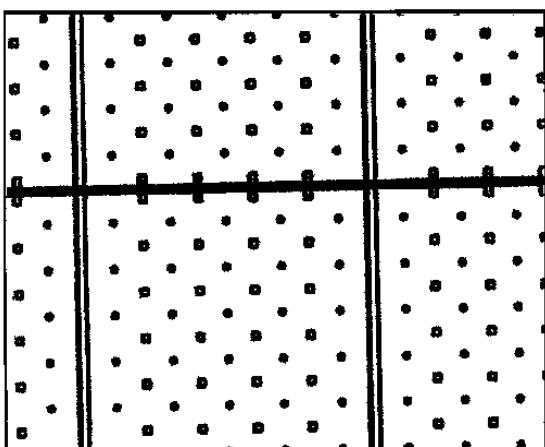
도면15



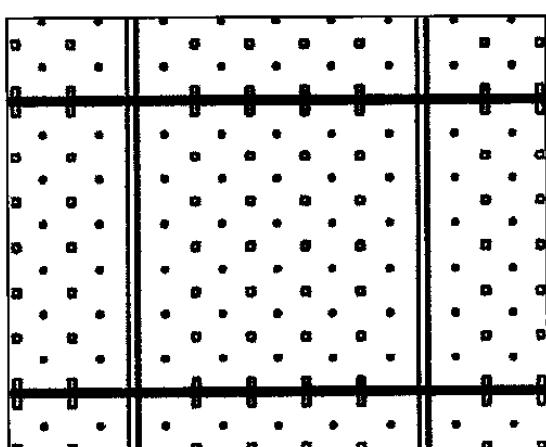
도면16



도면17



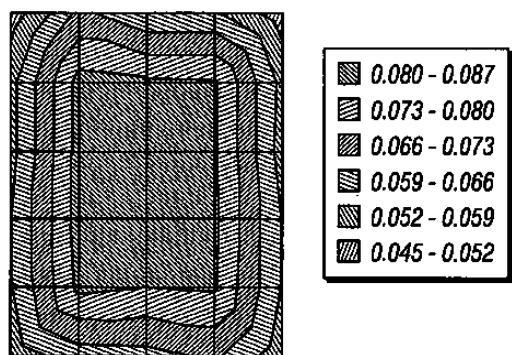
도면18



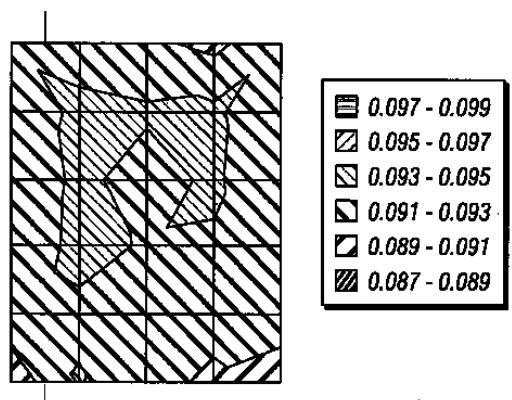
도면19



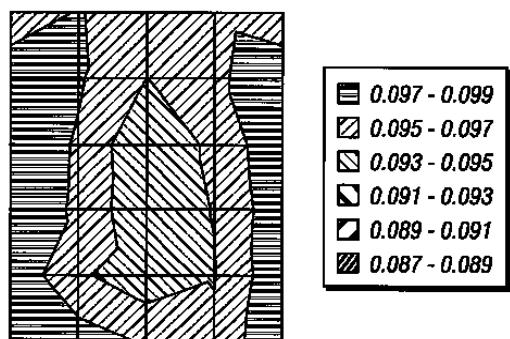
도면20a



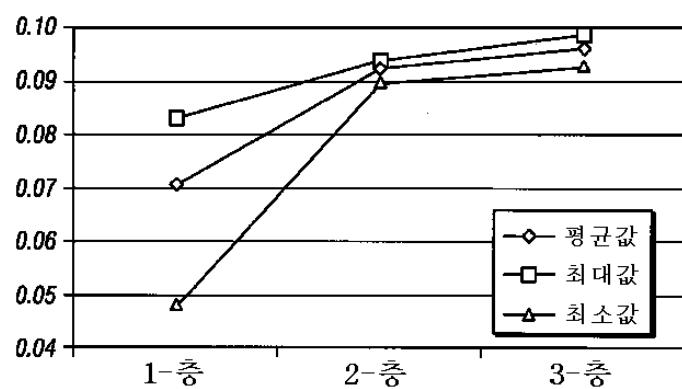
도면20b



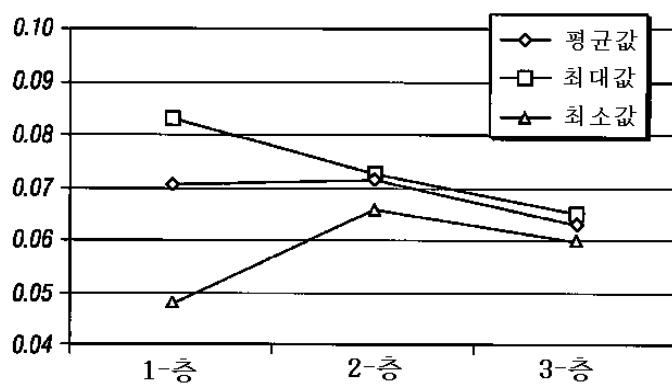
도면20c



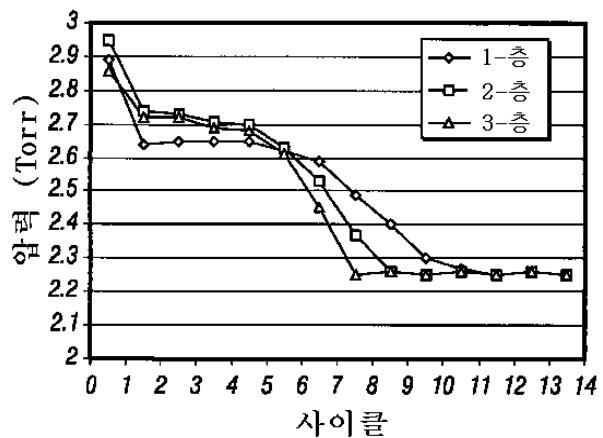
도면21a



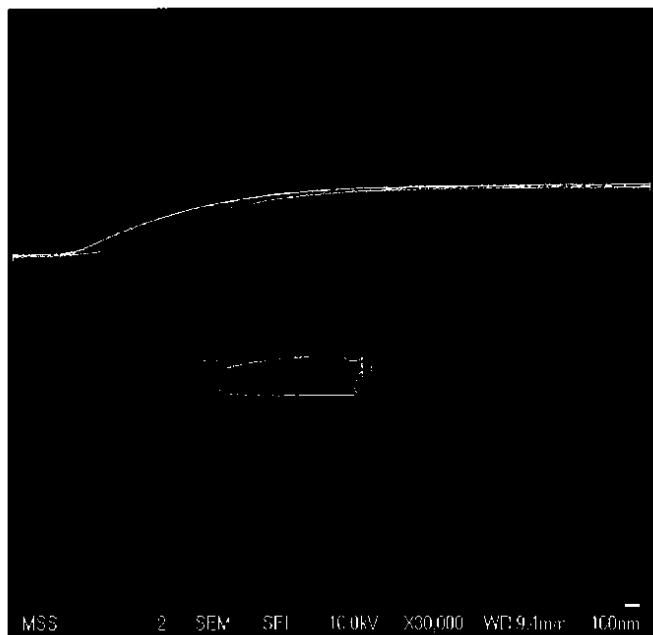
도면21b



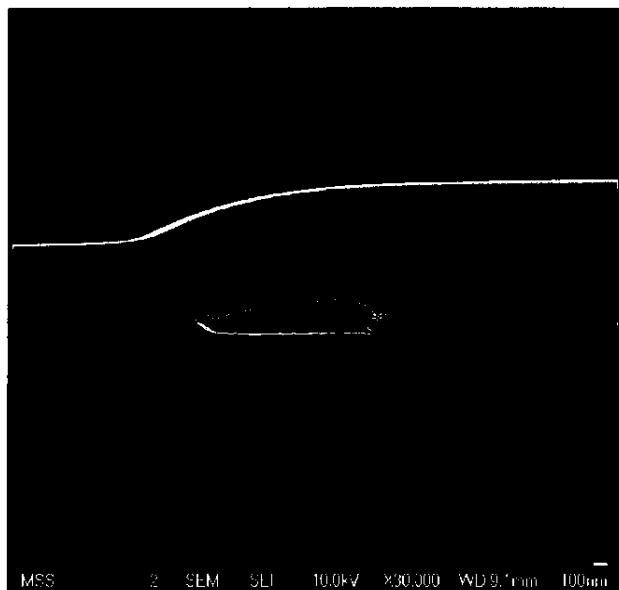
도면22



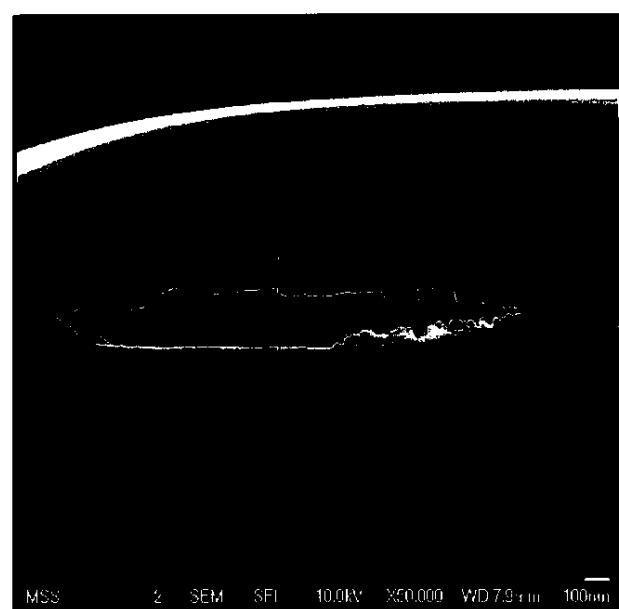
도면23a



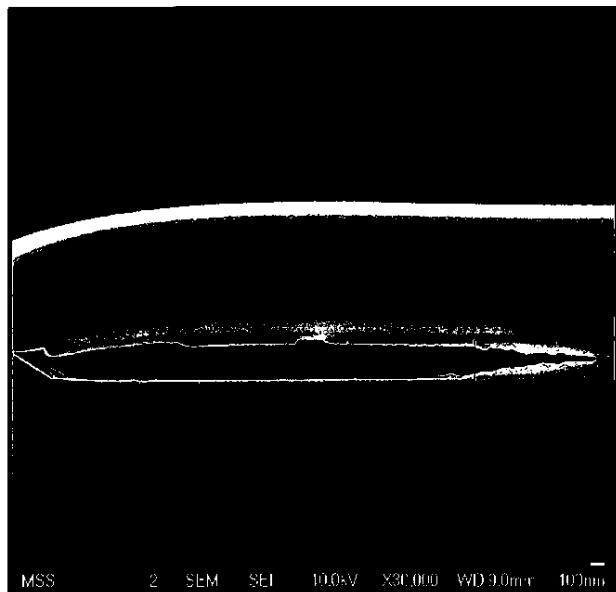
도면23b



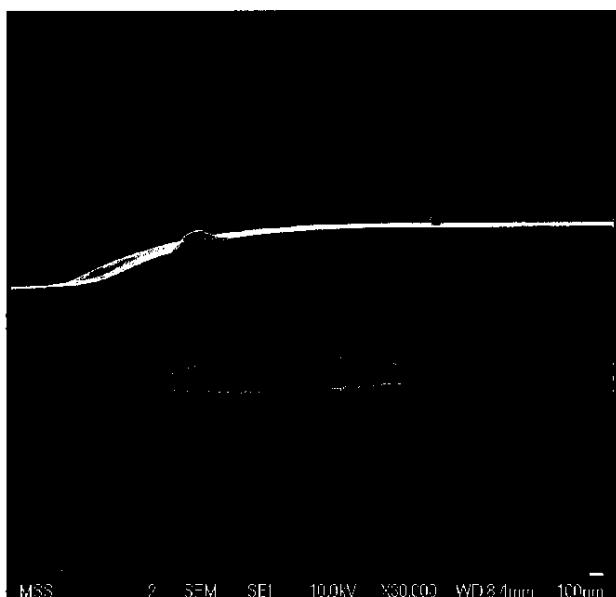
도면23c



도면23d



도면23e



도면23f

