



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0119828  
(43) 공개일자 2011년11월02일

(51) Int. Cl.

A61B 8/00 (2006.01) G01N 29/24 (2006.01)  
B06B 1/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-7022332

(22) 출원일자(국제출원일자) 2010년02월10일  
심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2011년09월23일

(86) 국제출원번호 PCT/IB2010/050614

(87) 국제공개번호 WO 2010/097729

국제공개일자 2010년09월02일

(30) 우선권주장

61/155,988 2009년02월27일 미국(US)

(71) 출원인

코닌클리케 필립스 일렉트로닉스 엔.브이.  
네델란드왕국, 아인드호펜, 그로네보드스베그 1

(72) 발명자

디黠센 폐터

미국 뉴욕 10510-8001 브라이어클리프 매너 스카  
보로 로드 345 페.오.박스 3001

(74) 대리인

장훈

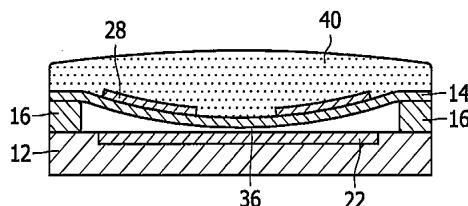
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 기계적 봉괴 보유를 갖는 사전 봉괴된 CMUT

### (57) 요 약

초음파 CMUT 트랜스듀서 어레이에 사용을 위해 적합한 CMUT 트랜스듀서 셀은 제 1 전극을 갖는 멤브레인, 제 2 전극을 갖는 기판 및 멤브레인과 기판 사이의 캐비티를 갖는다. CMUT는 캐비티의 바닥과 봉괴된 조건으로 멤브레인을 바이어스함으로써 사전 봉괴된 상태에서 작동되고, 렌즈는 봉괴된 멤브레인 위에 주조된다. 렌즈 재료가 중합화되거나 충분한 강성을 가질 때, 바이어스 전압은 제거되고 렌즈 재료는 봉괴된 상태로 멤브레인을 보유한다.

대 표 도 - 도7



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

기판,

상기 기판에 부착된 제 1 전극,

상기 제 1 전극에 이격된 관계로 형성된 가동 멤브레인,

상기 멤브레인에 부착된 제 2 전극, 및

상기 멤브레인이 사전 붕괴된 상태에 있을 때 상기 가동 멤브레인을 덮어 바이어스 전압의 결여시에 상기 멤브레인을 그 사전 붕괴된 상태로 보유하도록 작용하는 보유 부재를 포함하는 CMUT 트랜스듀서 셀.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 보유 부재는 트랜스듀서 렌즈인 CMUT 트랜스듀서 셀.

### 청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 트랜스듀서 렌즈는 폴리디메틸 실록산, PDMS, RTV 고무, 우레탄, 비닐 플라스티콜 또는 열가소성 엘라스토머 중 하나로 제조되는 CMUT 트랜스듀서 셀.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 보유 부재는 상기 멤브레인이 바이어스 전압에 의해 사전 붕괴된 상태로 유도되는 동안 상기 CMUT 트랜스듀서 셀 위에 주조되는 CMUT 트랜스듀서 셀.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 보유 부재는 상기 멤브레인이 상기 멤브레인으로의 압력의 인가에 의해 사전 붕괴된 상태로 유도되는 동안 상기 CMUT 트랜스듀서 셀 위에 주조되는 CMUT 트랜스듀서 셀.

### 청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 압력은 대기압인 CMUT 트랜스듀서 셀.

### 청구항 7

제 1 항의 복수의 CMUT 트랜스듀서 셀들을 포함하는 CMUT 트랜스듀서 어레이로서,

보유 부재는 CMUT 트랜스듀서 셀들의 어레이 위에 형성된 음향 렌즈를 추가로 포함하는 CMUT 트랜스듀서 어레이.

### 청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 음향 렌즈는 평면파의 것보다 작은 관심 필드 내의 고정된 초점을 갖는 어레이를 제공하는 CMUT 트랜스듀서 어레이.

### 청구항 9

제 7 항에 있어서, 상기 트랜스듀서 어레이는 CMOS-호환성 반도체 프로세스에 의해 형성되고,

상기 트랜스듀서 어레이는 진단 초음파 프로브 내에 합체되고,

상기 초음파 프로브는 상기 어레이를 작동시키기 위해 상기 트랜스듀서 어레이에 결합된 전자 회로를 추가로 포함하고,

상기 전자 회로는 CMOS-호환성 반도체 프로세스에 의해 형성되는 CMUT 트랜스듀서 어레이.

**청구항 10**

제 9 항에 있어서, 상기 전자 회로는 마이크로 빔형성기 회로를 추가로 포함하는 CMUT 트랜스듀서 어레이.

**청구항 11**

제 10 항에 있어서, 상기 트랜스듀서 어레이 및 상기 마이크로 빔형성기 회로는 동일한 반도체 기판 상에 더 제조되는 CMUT 트랜스듀서 어레이.

**청구항 12**

제 7 항에 있어서, 상기 트랜스듀서 어레이는 CMOS-호환성 반도체 프로세스에 의해 형성되고,

상기 트랜스듀서 어레이에는 치료 초음파 프로브 내에 합체되고,

상기 초음파 프로브는 상기 어레이를 작동시키기 위해 상기 트랜스듀서 어레이에 결합된 전자 회로를 추가로 포함하고,

상기 전자 회로는 CMOS-호환성 반도체 프로세스에 의해 형성되는 CMUT 트랜스듀서 어레이.

**청구항 13**

기판,

상기 기판에 부착된 제 1 전극,

상기 제 1 전극에 이격된 관계로 형성된 가동 맴브레인,

상기 맴브레인에 부착된 제 2 전극, 및

상기 맴브레인이 부분적으로 사전 붕괴된 상태에 있을 때 상기 가동 맴브레인을 덮어 바이어스 전압의 결여시에 상기 맴브레인을 그 부분적으로 사전 붕괴된 상태로 보유하도록 작용하는 보유 부재를 포함하는 CMUT 트랜스듀서 셀.

**청구항 14**

제 13 항에 있어서, 상기 제 1 전극 및 상기 제 2 전극에 인가된 바이어스 전압을 추가로 포함하고,

상기 보유 부재 및 상기 바이어스 전압은 완전히 사전 붕괴된 상태로 상기 맴브레인을 보유하도록 작용하는 CMUT 트랜스듀서 셀.

**청구항 15**

제 14 항에 있어서, 상기 보유 부재는 트랜스듀서 렌즈인 CMUT 트랜스듀서 셀.

**명세서****기술 분야**

[0001] 본 발명은 의료 진단 초음파 촬영에 관한 것으로서, 특히 용량성 마이크로가공 초음파 트랜스듀서(CMUT)를 사용하는 초음파 프로브에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 의료 촬영을 위해 사용되는 초음파 트랜스듀서는 고품질 진단 이미지의 생성을 유도하는 다수의 특징을 갖는다. 이들 중에서 초음파 주파수에서 저레벨 음향 신호에 대한 높은 감도 및 넓은 대역폭이 있다. 통상적으로, 이들 특징을 소유하고 따라서 초음파 트랜스듀서를 위해 사용되고 있는 압전 재료가 PZT 및 PVDF 재료로 제조되고, PZT가 가장 바람직하다. 그러나, 세라믹 PZT 재료는 명백하게 상이하고 복잡하고 광대한 취급을 필요로 하는 다이싱(dicing), 정합층 접합, 충전제, 전해 도금 및 상호 접속을 포함하는 제조 프로세스를 필요로 하지만, 이들 모두는 원하는 것보다 낮은 트랜스듀서 적층 유닛 수율을 초래할 수 있다. 더욱이, 이 제조 복잡성은 최종 트랜스듀서 프로브의 비용을 증가시킨다. 초음파 시스템 메인프레임은 더 소형이 되고 필드 프로그램 가능 게이트 어레이(FPGA) 및 더 많은 신호 처리 기능을 위한 소프트웨어에 의해 지배되기 때문에, 시스템 메인프레임

의 비용은 시스템의 크기와 함께 낮아진다. 초음파 시스템은 이제 저가의 휴대용, 데스크탑 및 휴대형 형태로 이용 가능하다. 그 결과, 트랜스듀서 프로브의 비용은 시스템의 전체 비용의 계속 늘어나는 비율이고, 그 증가는 3D 촬영을 위해 사용되는 더 높은 소자 카운트 어레이의 출현에 의해 가속화되고 있다. 따라서, 저가의 초음파 시스템에 대한 필요성을 용이하게 하기 위해 향상된 수율을 갖고 저비용으로 트랜스듀서 어레이를 제조하는 것이 가능한 것이 바람직하다.

[0003] 최근의 개발은 의료 초음파 트랜스듀서가 반도체 프로세스에 의해 제조될 수 있는 관점을 유도하고 있다. 바람직하게는, 이들 프로세스는 CMOS 프로세스와 같은 초음파 프로브에 의해 요구되는 회로를 생성하는데 사용된 동일한 것들이어야 한다. 이들 개발은 마이크로 가공된 초음파 트랜스듀서 또는 MUT를 생성하였다. MUT는, 즉 압전 특성을 갖는 반도체층을 사용하는 것(PMUT)과, 용량성 효과를 나타내는 전극 플레이트를 갖는 다이어프램 및 기판을 사용하는 다른 것(CMUT)의 2개의 설계 접근법으로 제조되어 왔다. CMUT 트랜스듀서는 수신된 초음파 신호의 음향 진동을 변조된 커패시턴스로 변환하는 전극을 갖는 소형 다이어프램형 디바이스이다. 전송을 위해, 전극에 인가된 용량성 전하는 디바이스의 다이어프램을 진동시키고 이에 의해 음파를 전송하도록 변조된다. 이들 디바이스는 반도체 프로세스에 의해 제조되기 때문에, 디바이스는 일반적으로 10 내지 200 미크론 범위의 치수를 갖지만, 300 내지 500 미크론의 디바이스의 직경의 범위일 수 있다. 다수의 이러한 개별 CMUT는 함께 접속되어 단일 트랜스듀서 소자로서 일체화 작동될 수 있다. 예를 들어, 4개 내지 16개의 CMUT가 단일 트랜스듀서 소자로서 일체화 기능하도록 함께 결합될 수 있다. 통상적인 2D 트랜스듀서 어레이는 현재 2000 내지 3000개의 압전 트랜스듀서 소자를 가질 것이다. CMUT 어레이로서 제조될 때, 1백만 초과의 CMUT 셀이 사용될 것이다. 놀랍게도, 이전의 결과는 이 크기의 반도체 제조 CMUT 어레이의 수율이 수천개의 트랜스듀서 소자의 PZT 어레이에 대한 수율에 비해 현저하게 향상되는 것을 지시하고 있다.

[0004] CMUT는 초기에 "비붕괴된(uncollapsed)" 모드로서 이제 알려져 있는 것에서 작동하도록 제조된다. 도 1을 참조하면, 통상의 비붕괴된 CMUT 트랜스듀서 셀(10)이 단면도로 도시되어 있다. CMUT 트랜스듀서 셀(10)은 실리콘과 같은 기판(12) 상에 복수의 유사한 인접한 셀과 함께 제조된다. 실리콘 질화물로 제조될 수 있는 다이어프램 또는 멤브레인(14)이 실리콘 산화물 또는 실리콘 질화물로 제조될 수 있는 절연 지지체(16)에 의해 기판 위에 지지된다. 멤브레인과 기판 사이의 캐비티(18)는 공기 또는 가스 충전되거나 전체적으로 또는 부분적으로 진공 배기될 수 있다. 금과 같은 전도성 필름 또는 층(20)이 다이어프램 상에 전극을 형성하고, 유사한 필름 또는 층(22)이 기판 상에 전극을 형성한다. 유전성 캐비티(18)에 의해 분리된 이들 2개의 전극은 커패시턴스를 형성한다. 음향 신호가 멤브레인(14)이 진동하게 할 때 커패시턴스의 편차가 검출될 수 있고, 이에 의해 음파를 대응 전기 신호로 변환한다. 역으로, 전극(20, 22)에 인가된 a.c. 신호가 커패시턴스를 변조할 수 있어, 멤브레인이 이동하고 이에 의해 음향 신호를 전송할 수 있다.

[0005] 통상의 CMUT의 미크론 크기 치수에 기인하여, 다수의 CMUT 셀이 통상적으로 단일 트랜스듀서 소자를 형성하기 위해 근접하여 제조된다. 개별 셀은 원형, 직사각형, 6각형 또는 다른 주연 형상을 가질 수 있다. 도 3은 본 발명의 원형 CMUT 셀의 광학 간접계에 의해 생성된 위상 이미지이다. 도 4는 원형 CMUT 셀의 어레이의 간접계 이미지이다. CMUT 셀은 상이한 치수를 가질 수 있어 트랜스듀서 소자가 상이한 셀 크기의 복합 특징을 가질 수 있게 되어, 트랜스듀서에 광대역 특징을 제공할 수 있다. 일반적으로, 이러한 셀 크기 차이는 대부분의 CMUT가 일반적으로 인가된 신호 대역폭의 100% 이상의 대역폭을 갖기 때문에 필요하지 않다.

[0006] CMUT는 본질적으로 2차 디바이스(quadratic device)여서 음향 신호가 일반적으로 인가된 신호의 고조파인데, 즉 음향 신호는 인가된 전기 신호 주파수의 2배일 것이다. 이 2차 거동을 방지하기 위해, 바이어스 전압이 2개의 전극에 인가되고 이는 다이어프램이 쿨롱 합력에 의해 기판에 끌어당겨질 수 있게 한다. 이는 도 2에 개략적으로 도시되어 있고, 여기서 DC 바이어스 전압( $V_B$ )이 바이어스 단자(24)에 인가되고 유도 임피던스와 같은 a.c. 신호에 고임피던스( $z$ )를 제시하는 경로에 의해 멤브레인 전극(20)에 결합된다. a.c. 신호는 신호 단자(26)로부터 멤브레인 전극에 및 전극으로부터 용량 결합된다. 멤브레인(14) 상의 양전하는 기판(12) 상의 음전하로 끌어당겨질 때 멤브레인이 팽창되게 할 수 있다. CMUT 셀은 이 바이어스된 상태에서 연속적으로 작동할 때 2차 거동을 단지 약하게 나타낸다.

[0007] CMUT는 멤브레인이 팽창되어 용량성 디바이스의 2개의 반대로 하전된 플레이트가 가능한 한 함께 접근할 때 가장 민감한 것으로 판명되었다. 2개의 플레이트의 밀접한 근접성은 CMUT에 의한 음향 및 전기 신호 에너지 사이의 더 큰 결합을 발생시킬 것이다. 따라서, 멤브레인(14)과 기판(12) 사이의 유전성 간격(32)이 작동 신호 조건 하에서 유지될 수 있는 만큼 작을 때까지 바이어스 전압( $V_B$ )을 증가시키는 것이 바람직하다. 구성된 실시예에서, 이 간격은 1 미크론 이하의 정도이다. 그러나, 인가된 바이어스 전압이 너무 크면, 멤브레인은 기판에 접

축할 수 있어, 디바이스의 2개의 플레이트가 반데어발스 힘(VanderWals force)에 의해 함께 고착됨에 따라 디바이스를 단락시킨다. 이 고착은 CMUT 셀이 오버드라이브될 때 발생할 수 있고, 제조 공차 편차에 기인하여 동일한 바이어스 전압( $V_B$ )에 따라 하나의 디바이스로부터 다른 디바이스로 다양할 수 있다. 영구 고착이 전기 절연 층(예를 들어, 실리콘 질화물) 내에 디바이스 전극을 매립하여 감소될 수 있지만, 붕괴된 상태와 비붕괴된 상태 사이의 작동의 비선형성은 최대 감도의 범위에서 비붕괴된 CMUT를 작동시키려고 시도할 때 고유의 단점이다.

[0008] 멤브레인이 매우 작은 서브미크론 유전 간격을 발생시키도록 바이어스될 때에도, CMUT의 감도는 요구되는 것보다 작을 수 있다. 이는 멤브레인의 중심(32)에서의 전하가 비교적 반대 전하에 근접하고 반대 전하에 관련하여 상당히 이동할 수 있는 반면에, 멤브레인이 지지체(16)에 의해 지지되는 멤브레인의 주연부(34)에서의 전하는 매우 작고 따라서 디바이스에 의한 신호의 변환시에 거의 참여를 하지 않는 사실에 기인한다. 이 불일치를 제거하기 위한 일 접근법은 지지체(16)로 연장하지 않는 작은 멤브레인 전극(20)을 사용하는 것이다. 이는 멤브레인의 움직임, 따라서 디바이스의 변환에 강하게 참여할 수 있는 디바이스의 중심으로 멤브레인 전극 상의 전하를 제한한다. 멤브레인 전극(20)에 바이어스 전압( $V_B$ )을 인가하고 a.c. 신호를 전극에 그리고 전극으로부터 결합하기 위해 여전히 하나 이상의 전기 전도체가 존재해야 한다. 이들 전기 전도체는 a.c. 신호에 바람직하지 않게 큰 임피던스를 부여하여, 이에 의해 디바이스의 감도를 제한하는 치수를 갖고 반드시 매우 얇아야 한다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 양호한 감도를 갖지만 멤브레인 고착 문제점에 영향을 받지 않는 CMUT 트랜스듀서 셀을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은 저바이어스 전압을 갖는 효율적인 작동 범위에서 유지될 수 있는 CMUT 트랜스듀서 셀을 제공하는 것이다.

[0011] 본 발명의 다른 목적은 예측된 제조 공차의 존재에서 로트로부터 로트로 일관적으로 작동하는 CMUT 트랜스듀서 셀을 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명의 다른 목적은 CMOS 프로세스와 같은 어레이를 작동하는데 사용되는 집적 회로의 것에 대응하는 반도체 프로세스로 제조될 수 있는 CMUT 트랜스듀서 어레이를 제공하는 것이다.

#### 과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 원리에 따르면, "사전 붕괴된(precollapsed)" 모드에서 작동하는 초음파 트랜스듀서 CMUT 셀 어레이가 제공된다. 사전 붕괴된 모드에서, 고착 문제점은 멤브레인이 CMUT 셀의 캐비티의 바닥과 연속적으로 접촉하기 때문에 회피된다. 이력은 비붕괴된 및 사전 붕괴된 상태 사이에서 스위칭되지 않고 사전 붕괴된 모드에서 연속적으로 작동하는 작동 범위의 사용에 의해 회피된다. 멤브레인을 사전 붕괴된 모드에서 유지하는데 통상적으로 요구되는 바이어스 전압은 멤브레인의 붕괴된 조건을 물리적으로 유지하는 기계적 구조체로 대체된다. 이는 CMUT가 낮은 작동 및 바이어스 전압을 갖는 적당한 작동 범위에서 작동할 수 있게 한다. 바람직한 실시예에서, CMUT 셀을 붕괴된 상태로 유지하는 기계적 구조체는 초음파 트랜스듀서 어레이의 렌즈이다.

#### 도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 통상의 CMUT 트랜스듀서 셀의 단면도.

도 2는 통상의 CMUT 셀의 전기 특성의 개략도.

도 3은 본 발명의 CMUT 셀의 위상 간섭계 이미지.

도 4는 원형 CMUT 셀의 어레이의 간섭계 이미지.

도 5는 본 발명의 원리에 따라 구성된 CMUT 셀의 단면도.

도 6은 붕괴된 상태로 바이어스될 때 도 5의 CMUT 셀을 도시하는 도면.

도 7은 멤브레인이 셀의 상부에 제조된 렌즈에 의해 붕괴된 상태로 보유될 때 도 6의 CMUT 셀을 도시하는 도면.

도 8은 어레이를 위한 초점 특징을 제공하는 렌즈에 의해 사전 붕괴된 상태로 유지되는 CMUT 셀의 어레이를 도시하는 도면.

도 9는 전압에 따른 사전 붕괴된 및 비붕괴된 CMUT 셀의 결합 계수의 편차를 도시하는 도면.

도 10은 전압에 따른 본 발명의 구성된 실시예의 측정된 결합 계수의 편차를 도시하는 도면.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015]

도 5를 참조하면, CMUT 요소(5)의 개략 단면도가 도시되어 있다. CMUT 요소(5)는 기판층(12), 전극(22), 멤브레인층(14) 및 멤브레인 전극 링(28)을 포함하고, 그 원형 형태가 도 3 및 도 4에 도시된다. 이 예에서, 전극(22)은 원형으로 구성되고 기판층(12) 내에 매립된다. 게다가, 멤브레인층(14)은 기판층(12)의 상부면에 대해 고정되고, 멤브레인층(14)과 기판층(12) 사이에 구형 또는 원통형 캐비티(18)를 형성하기 위해 구성되고/치수 설정된다. 전술된 바와 같이, 셀 및 그 캐비티(18)는 대안적인 기하학적 형상을 형성할 수 있다. 예를 들어, 캐비티(18)는 직사각형 및/또는 정사각형 단면, 6각형 단면, 타원형 단면 또는 불규칙 단면을 형성할 수 있다.

[0016]

하부 전극(22)은 통상적으로 추가층(미도시)을 갖는 캐비티 지향면 상에서 절연된다. 바람직한 절연층이 기판 전극 위에 그리고 멤브레인 전극 아래에 형성된 산화물-질화물-산화물(ONO) 유전층이다. ONO-유전층은 유리하게는 디바이스 불안정성 및 드리프트 및 음향 출력 압력의 감소를 유도하는 전극 상에 전하 축적을 감소시킨다. ONO-유전층의 제조는 2008년 9월 16일 출원된 발명의 명칭이 "용량성 마이크로 가공된 초음파 트랜스듀서 (Capacitive micromachined ultrasound transducer)"인 클루트윅(Klootwijk) 등에 의한 유럽 특허 출원 제 08305553.3호에 상세히 설명된다. ONO-유전층의 사용은 비붕괴된 디바이스보다 전하 보유에 더 민감한 사전 붕괴된 CMUT로 바람직하다. 개시된 구성 요소는 예를 들어 Al, Ti, 질화물(예를 들어, 실리콘 질화물), 산화물(다양한 등급), 테트라 에틸 옥시실란(TEOS), 폴리-실리콘 등과 같은 CMOS 호환성 재료로부터 제조될 수 있다. CMOS 제조에 있어서, 예를 들어 산화물 및 질화물층은 화학 기상 증착에 의해 형성될 수 있고, 금속화(전극)층이 스퍼터링 프로세스에 의해 배치된다. 적합한 CMOS 프로세스는 SPCVD 및 PECVD이고, PECVD는 400°C 미만의 비교적 낮은 작동 온도를 갖는다.

[0017]

개시된 캐비티(18)를 생성하기 위한 예시적인 기술은 멤브레인층(14)의 상부면을 추가하기 전에 멤브레인층(14)의 초기 부분 내에 캐비티를 형성하는 것을 수반한다. 다른 제조 상세는 미국 특허 제 6,328,697호(프레이저)에서 발견될 수 있다. 도 5에 도시된 예시적인 실시예에서, 원통형 캐비티(18)의 직경은 원형으로 구성된 전극 플레이트(22)의 직경보다 크다. 전극 링(28)은 원형으로 구성된 전극 플레이트(22)와 동일한 외경을 가질 수 있지만, 이러한 일치는 필요하지 않다. 따라서, 본 발명의 예시적인 실시예에서, 전극 링(28)은 이하의 전극 플레이트(22)와 정렬하기 위해 멤브레인층(14)의 상부면에 대해 고정된다.

[0018]

도 6은 멤브레인(14)이 캐비티(18)의 바닥과 접촉하고 있는 사전 붕괴된 상태로 바이어스될 때 도 5의 CMUT 셀을 도시한다. 이는 전극 링(28)에 인가된 전압( $V_B$ ) 및 기판 전극(22)에 인가된 기준 전위(접지)에 의해 지시된 2개의 전극에 DC 바이어스 전압을 인가함으로서 성취된다. 전극 링(28)은 또한 중심 내에 구멍이 없는 연속적인 디스크로서 형성될 수 있지만, 도 6은 이것이 필수적인 것은 아닌 이유를 도시하고 있다. 멤브레인(14)이 이 도면에 도시된 바와 같이 그 사전 붕괴된 상태로 바이어스될 때, 멤브레인의 중심은 캐비티(18)의 바닥과 접촉한다. 이와 같이, 멤브레인(14)의 중심은 CMUT의 작동 중에 이동하지 않는다. 오히려, 이동하는 것은 캐비티(18)의 잔류 개방 공극 위에 그리고 링 전극 아래에 있는 멤브레인(14)의 주연 영역이다. 링으로서 멤브레인 전극(28)을 형성함으로써, 디바이스의 커패시턴스의 상부 플레이트의 전하는 CMUT가 트랜스듀서로서 작동할 때 움직임 및 용량성 편차를 나타내는 CMUT의 영역의 위치에 위치된다. 따라서, CMUT 트랜스듀서의 결합 계수가 향상된다.

[0019]

멤브레인(14)은 통상적으로 50 내지 100 볼트에 있는 필수 바이어스 전압을 인가함으로써 도면 부호 36에 지시된 바와 같이 캐비티(18)의 바닥과 접촉하여 그 사전 붕괴된 상태가 될 수 있다. 전압이 증가함에 따라, CMUT 셀의 커패시턴스는 커패시턴스 미터로 모니터링된다. 커패시턴스의 급격한 변화는 멤브레인이 캐비티의 바닥으로 붕괴되는 것을 지시한다. 멤브레인은 도면 부호 36에 지시된 바와 같이 캐비티의 바닥에 막 접촉할 때까지 하향으로 바이어스될 수 있고, 또는 최소 접촉의 것을 넘어 증가된 붕괴로 하향으로 더 바이어스될 수 있다.

[0020]

그 사전 붕괴된 상태로 멤브레인(14)을 유도하는 다른 방식은 멤브레인의 상부에 압력을 인가하는 것이다. 캐비티가 부분 또는 완전 진공에서 형성될 때, 1 bar의 분위기 압력의 인가가 캐비티(18)의 바닥과 접촉하도록 멤브레인(14)을 사전 붕괴하는데 충분한 것으로 발견되었다. 멤브레인(14)을 제어 가능하게 사전 붕괴하기 위해

압력차 및 바이어스 전압의 조합을 사용하는 것이 또한 가능하고, 이는 높은 분위기 붕괴 압력(예를 들어, 10 bar)을 가질 수 있는 더 작은 디바이스로 효과적이다.

[0021] 본 발명의 원리에 따르면, 멤브레인(14)은 도 6에 도시된 바와 같이 그 사전 붕괴된 상태로 바이어스되지만, 그 사전 붕괴된 상태로 멤브레인을 물리적으로 보유하는 구조체가 멤브레인 위에 배치되거나 형성된다. 초음파 트랜스듀서의 바람직한 실시예에서, 구조체는 트랜스듀서의 렌즈(40)를 형성한다. 트랜스듀서 렌즈는 일반적으로 3개의 요건을 충족시킨다. 하나는 트랜스듀서 프로브의 사용 중에 생성된 마찰 접촉에 기인하는 마모 저항을 견디는 구조체를 제공한다. 실제로, 렌즈는 물리적 마모로부터 기초의 트랜스듀서 어레이를 보호하는 물리적 커버를 제공한다. 둘째로, 렌즈는 비전도성이고 이에 의해 트랜스듀서의 전기 요소와 환자 사이의 전기 절연을 제공한다. 셋째로, 렌즈는 프로브를 위한 초점 특성을 제공할 수 있다. 도 7의 예에서, 렌즈(40)는 그 사전 붕괴된 상태로 멤브레인(14)을 물리적으로 보유하는 제 4 이득을 제공한다.

[0022] 다양한 재료가 렌즈 재료로 사용될 수 있다. CMUT를 위한 유일한 요건은 바이어스 전압이 제거된 후에 재료가 그 붕괴된 상태로 멤브레인을 보유하기 위해 충분한 강성을 가져야 하는 것이다. 일 적합한 재료는 폴리디메틸 실록산(PDMS 또는 RTV 고무)이다. RTV 재료는 CMUT 위에 주조되고, 바이어스 전압( $V_B$ )은 그 원하는 붕괴된 상태로 멤브레인을 유지한다. RTV가 중합화되고 그 사전 붕괴된 상태로 멤브레인을 물리적으로 보유하기 위해 충분히 강성인 후에, 바이어스 전압이 제거될 수 있고 디바이스가 작동을 위해 바이어스될 때까지 재인가될 필요가 없다. 바람직하게는, 렌즈 재료는 CMUT 어레이의 각각의 멤브레인의 주위의 영역에 접합된다. 렌즈(40)에 적합할 수 있는 다른 재료는 우레탄 고무, 비닐 플라스티콜 및 열가소성 엘라스토머를 포함한다.

[0023] 멤브레인을 그 사전 붕괴된 상태로 물리적으로 보유함으로써, 작동 바이어스가 디바이스의 사용 중에 인가될 때 까지 어떠한 바이어스도 사전 붕괴된 조건을 유지할 필요가 없다. 이는 CMUT가 소형의 휴대용 초음파 시스템에 유리한 낮은 전압에서 작동될 수 있는 것을 의미한다. 더욱이, 멤브레인 크기, 로트로부터 로트로의 강성 또는 캐비티 깊이의 편차와 같은 제조 및 재료 특징의 가변성에 기인하는 악영향이 제거될 수 있다. 이들 편차들은 더 많거나 적은 바이어스 전압이 그 사전 붕괴된 상태로 CMUT를 유도하는데 요구된다는 것을 의미할 수 있다. 바이어스 전압은 이에 따라 원하는 붕괴 정도로 조정되고, 이어서 렌즈 재료가 이 상태로 멤브레인을 유지한다. 따라서, 각각의 CMUT 어레이는 이를 공차 편차의 존재에서도 맞춤화된 동일한 성능 특징 또는 그 결합에 대해 설정될 수 있다. 작동 전압 범위, 음향 임피던스, 커파시턴스 및 결합 계수와 같은 특징의 견지에서 프로브의 더 큰 균일성이 성취될 수 있다.

[0024] 도 8은 사전 붕괴된 CMUT(5)의 어레이가 렌즈(42)에 의해 사전 붕괴된 상태로 유지되는 본 발명의 구현의 예를 도시한다. 이 렌즈 재료는 인체에서보다 낮은 소리의 속도를 나타내고, 이에 의해 중심 초점 영역을 향해 어레이를 포커싱한다. 포커싱 렌즈가 없으면, 개별 CMUT는 모두 포커싱된 직선으로 앞으로 포커싱될 수 있고, 어레이는 전체적으로 무한도로 포커싱된다. 이러한 어레이가 원하는 초점 범위에서 이를 포커싱하도록 작동될 때, 상당한 지연 범위가 원하는 포커싱을 실행하도록 요구된다. 포커싱 렌즈(42)는 도 8에 도시된 바와 같이 도 8의 CMUT 어레이의 전방에 도시된 초점 범위(FR)와 같은 원하는 초점 범위 내의 공칭 초점을 어레이에 제공하도록 작용할 수 있다. 렌즈가 이 초기 초점을 제공하는 상태로, 초점 범위 내의 특정 지점 또는 영역으로 초점을 변경하는데 요구되는 지연의 범위가 감소된다. 관심 초점 범위 내에 렌즈 초점을 배치함으로써, 빔형성기의 지연 요건은 초점이 맞지 않은 평면과 어레이에 요구되는 것과 비교할 때 2개의 팩터만큼 감소될 수 있다. 어레이를 작동시키는 빔형성기의 지연 요건이 감소될 때, 빔형성기는 일반적으로 더 고가이고 설계 및 제조가 곤란할 것이다.

[0025] CMUT 트랜스듀서 셀의 예시적인 구성된 어레이에서, 각각의 CMUT의 멤브레인은 50  $\mu\text{m}$  칙경 또는 폭이고, 캐비티는 0.33  $\mu\text{m}$  깊이이고, CMUT는 1 내지 5  $\mu\text{m}$  두께이다. 렌즈는 500 내지 1000  $\mu\text{m}$  두께이고 1 메가파스칼의 강성을 나타낸다.

[0026] 사전 붕괴된 상태에서의 CMUT의 결합 계수는 향상될 수 있고, 비붕괴된 상태(도 1 및 도 2)에서 작동할 때 CMUT의 경우에서보다 낮은 전압에서 변경될 수 있다. CMUT 셀의 결합 계수는 디바이스에 의한 에너지 저장의 효율의 척도이고, 이하와 같이 계산되고,

$$k^2 = 1 - \frac{C_s}{C_T}$$

[0027]

$$[0028] \quad C_s = \frac{Q}{V} \quad C_r = \frac{dQ}{dV}$$

여기서,  $C_s = \frac{Q}{V}$  이고  $C_r = \frac{dQ}{dV}$ 이고, Q는 전하이고 V는 전압이다. 따라서, 더 높은 결합 계수는 초음파 트랜스듀서의 바람직한 속성이고, 표준 압전 트랜스듀서 또는 CMUT 어레이 트랜스듀서이다. CMUT 셀의 경우에, 전압에 따른 결합 계수( $k^2$ )의 편차는 도 9에 곡선(52)에 의해 도시된 바와 같이 전압이 0으로부터 증가함에 따라 비붕괴된 상태에서 상승한다. 멤브레인이 도 2에 도면 부호 32에 도시된 바와 같이 CMUT 셀의 바닥에 더 밀접하게 접근하도록 바이어스됨에 따라, 결합 계수( $k^2$ )는 더 급속하게 하전된다. 따라서, 비붕괴된 모드 CMUT는 도 9에 도시된 바와 같이 이 더 높은 전압 범위(56)에서 작동된다. 그러나, 사전 붕괴된 상태에서, 전압에 따른  $k^2$ 의 편차는 곡선(54)에 의해 도시된 바와 같다. 여기서,  $k^2$ 의 편차는 낮은 전압 범위 브래킷(58)에 의해 지시된 범위에서 낮은 전압에서 가장 혐준하다.

[0029] CMUT 전극에 인가된 전압이 붕괴된 영역 내로 비붕괴된 작동 영역에 걸쳐 증가될 때, 이어서 재차 결합 계수 편차는 이력 효과를 나타낼 것이다. 본질적으로,  $k^2$ 는 전압이 증가함에 따라 곡선(52)을 따라 증가할 것이고, 전압이 붕괴 후에 감소될 때 결합 계수가 곡선(54)을 따라 재차 감소할 것이다. 이 이력은 하나의 모드 또는 다른 모드에서 전적으로 작동하는 것이 바람직한 이유를 나타낸다. 사전 붕괴된 CMUT가 그 사전 붕괴된 상태에서 전적으로 작동할 때, 도 10의 곡선(60)에 의해 도시된 바와 같이 이력 문제점을 갖지 않을 것이다. 곡선(10)은 전압이 하전됨에 따라 구성된 CMUT 셀의 결합 계수 변화의 실제 측정의 경로를 따라 묘사되어 있다. 측정값은 곡선(60)을 따라 작은 원에 의해 지시된다. 이는 본 발명의 CMUT 셀 또는 어레이가 사전 붕괴된 상태에서 연속적으로 작동할 때 이력의 결여를 설명한다.

[0030] 전술된 바와 같이, 결합 계수는 초음파 트랜스듀서의 모든 변형에 대해 측정될 수 있고, 결합 계수가 클수록 트랜스듀서 프로브의 성능이 더 양호하다. 통상의 PZT 트랜스듀서 프로브는 0.42의 유효 결합 계수( $k_{\text{Eff}}^2$ )(이는 관심 공진 모드만을 고려함)를 나타낼 것이다. 더 높은 성능 재료, 즉 미국 특허 제 6,465,937호(챈 등)에 설명된 바와 같은 단결정 압전 재료는 약 0.65의 유효 결합 계수를 나타낼 것이다. 본 발명의 사전 붕괴된 CMUT 셀은 가장 양호한 단결정 어레이 프로브의 것과 동일한 범위의 결합 계수를 생성할 수 있고, 계산은 더 높은 결합 계수가 가능할 수 있는 것을 지시한다.

[0031] 다른 변형예가 당 기술 분야의 숙련자들에게 즉시 발생할 것이다. 예를 들어, 렌즈 재료는 완전히 사전 붕괴된 상태로 멤브레인을 보유할 필요가 없다. 렌즈는 CMUT의 바닥을 향해 단지 부분적으로만 붕괴된 멤브레인을 유지하는 작용을 할 수 있고, 작은 바이어스 전압이 완전히 붕괴된 상태로 멤브레인을 유도하는데 사용된다. 달리 말하면, 완전히 붕괴된 상태가 부분적으로는 렌즈 재료와 같은 보유 부재에 의해, 그리고 부분적으로는 바이어스 전압에 의해 실행될 수 있다. 본 명세서에서 사용될 때, 용어 "붕괴된" 또는 "사전 붕괴된"은 멤브레인이 CMUT 캐비티의 바닥과 접촉하거나 단지 부분적으로 바닥을 향해 팽창되는 것을 의미할 수 있다.

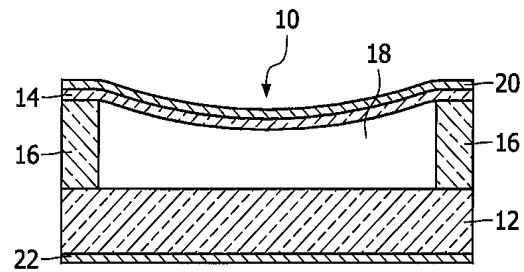
[0032] 본 발명의 CMUT 트랜스듀서 어레이는 진단 및 치료 초음파 프로브에 사용을 위해 적합하다. 직경이 수 센티미터의 CMUT 어레이는 고강도 포커싱된 초음파(HIFU) 프로브에서 사용을 발견할 수 있다. 본 발명의 CMUT 트랜스듀서는 외부(흉강을 통한) 및 내재(카테터) 초음파 프로브의 모두에 사용될 수 있다. 전술된 바와 같이, 본 발명의 CMUT 어레이는 예를 들어 동일한 또는 접합된 기판 상에 CMUT 어레이 및 그 마이크로 빔형성기를 생성하는데 사용되는 CMOS 프로세스에 대해 프로브를 작동시키는데 요구되는 마이크로 전자 기기와의 동시 제조를 위해 특히 바람직하다.

### 부호의 설명

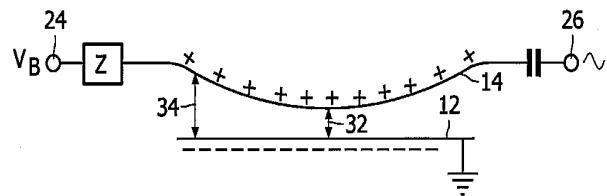
5: CMUT 요소	12: 기판층
14: 멤브레인층	18: 캐비티
20: 전극	22: 전극
28: 전극 링	42: 렌즈

도면

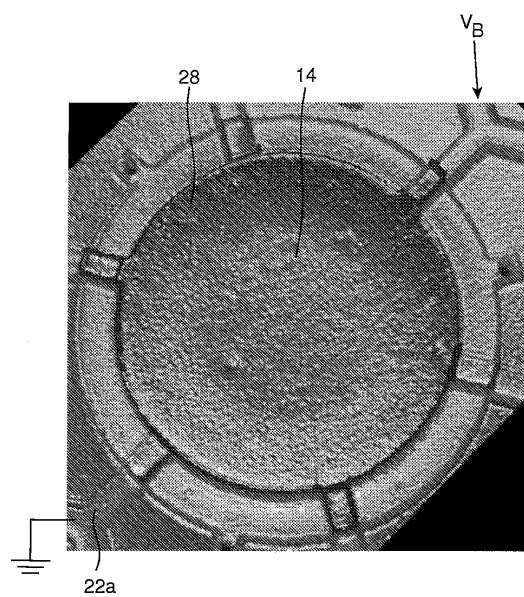
도면1



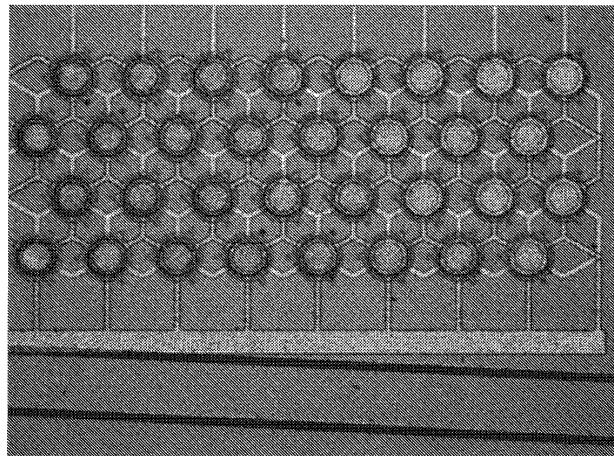
도면2



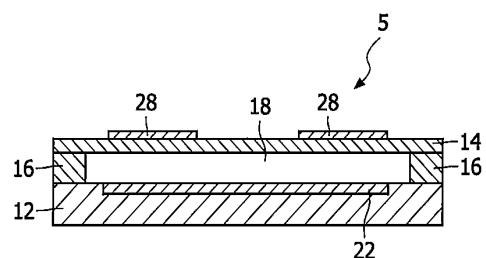
도면3



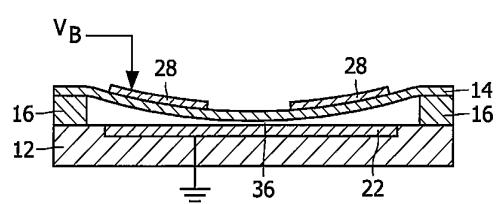
도면4



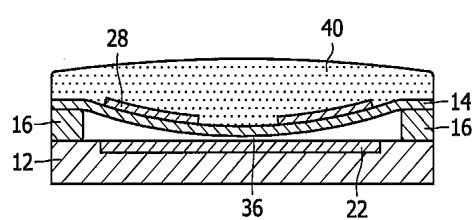
도면5



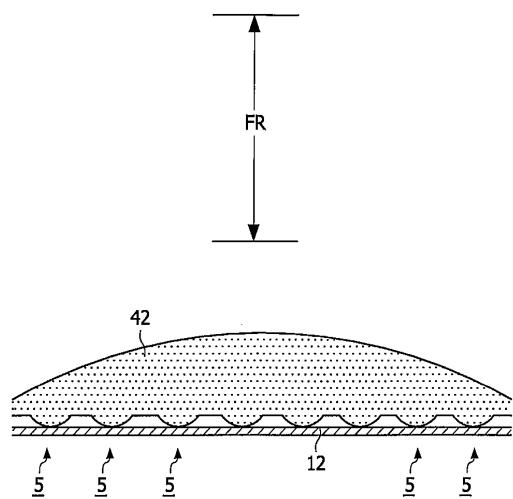
도면6



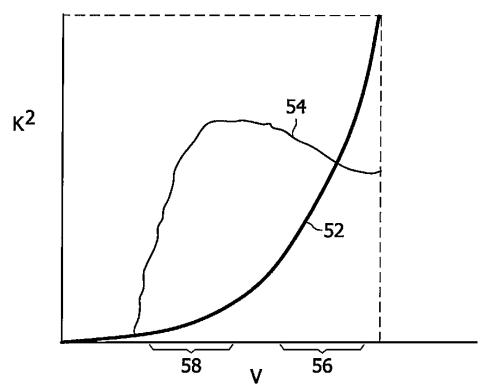
도면7



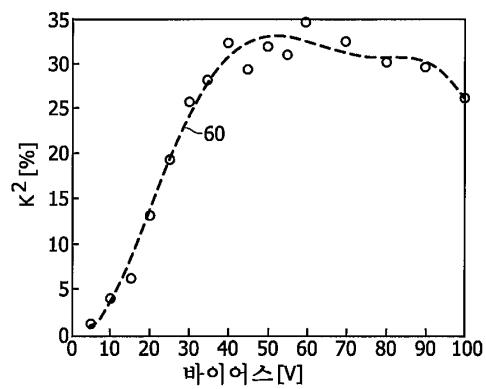
도면8



도면9



도면10



专利名称(译)	具有机械衰减保持的预折叠CMUT		
公开(公告)号	<a href="#">KR1020110119828A</a>	公开(公告)日	2011-11-02
申请号	KR1020117022332	申请日	2010-02-10
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	科宁欣克利凯恩菲利普斯日元.V.		
当前申请(专利权)人(译)	科宁欣克利凯恩菲利普斯日元.V.		
[标]发明人	DIRKSEN PETER 디륵센페터		
发明人	디륵센페터		
IPC分类号	A61B8/00 G01N29/24 B06B1/02 G01S7/52		
CPC分类号	A61B8/4494 G01N29/2406 B06B1/0292 G01S7/52079 A61B8/00 A61B8/4483		
代理人(译)	张本勋		
优先权	61/155988 2009-02-27 US		
其他公开文献	KR101689346B1		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

### 摘要(译)

适用于换能器阵列中使用的超声波的cMUT振子CMUT细胞具有的膜和具有第一电极，第二电极和膜和基板之间的腔的基板。CMUT已折叠和腔体的底由偏压的条件下的膜和在预折叠状态下操作，所述透镜被浇铸在折叠膜。透镜材料是聚合的或当屏幕具有足够的刚性，偏置电压被除去，透镜材料是处于折叠状态的膜储备。

