(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.[7]
A61B 8/00

(11) 공개번호 10-2004-0078894
(43) 공개일자 2004년09월13일

(21) 출원번호 10-2004-0014804
(22) 출원일자 2004년03월05일

(30) 우선권주장 10/383,990 2003년03월06일 미국(US)

(71) 출원인 제너럴 일렉트릭 캄파니
미합중국 뉴욕, 쉐넥테디, 원 리버 로우드

(72) 발명자 소메니우스카이
미국뉴욕주12065클리프톤파크반브란켄로드74

피셔레이예트에이
미국뉴욕주12309니스카유나버클리애비뉴2305

밀스데이비드엠
미국뉴욕주12309니스카유나헤리타지로드1915

우드닉키로버트지
미국뉴욕주12309니스카유나쿨릿지플레이스2031

하자드크리스토퍼로버트
미국뉴욕주12308쉬넥태디아파트먼트#1글렌우드블루바드1033

스미스로웰스코트
미국뉴욕주12309니스카유나체쉬어플레이스24

(74) 대리인 김창세
장성구

심사청구 : 없음

(54) 모자이크식 어레이, 초음파 변환기 어레이 및 초음파 변환기

요약

초음파 변환기 어레이는, 다수의 마이크로전자 스위치(X1,X2,X3)에 의해 상호연결되는 다수의 부소자(U1,U2,U3)를 포함하되, 각 부소자는 제각기의 다수의 마이크로기계화된 초음파 변환기(MUT) 셀(2)을 포함한다. 특정 부소자 내의 MUT 셀은 함께 하드와이어링된다. 스위치는 다수의 동심의 환상형 소자를 형성하도록 구성하는데 사용된다. 이 설계는 초음파 이미지 데이터 획득 동안 고도 방향으로의 집중을 인에이블링하면서 복잡성을 상당히 줄여준다.

대표도

도 4

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 전형적인 cMUT 셀의 단면도를 도시하는 도면,

도 2는 제각각이 함께 하드와이어링된 그들의 상단 및 하단 전극을 갖는 7개의 6각형 MUT 셀로부터 형성된 '데이지' 부소자를 도시하는 도면,

도 3은 제각각이 함께 하드와이어링된 그들의 상단 및 하단 전극을 갖는 19개의 6각형 MUT 셀로부터 형성된 '6각형' 부소자를 도시하는 도면,

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 4개의 환상형 소자를 포함하는 모자이크식 어레이의 섹터를 도시하되, 각 소자는 소자 당 대략 동일한 영역을 갖도록 구성된 '데이지' 부소자를 모자이크식 배열로 포함하는 도면,

도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 6개의 환상형 소자를 포함하는 모자이크 어레이의 섹터를 도시하되, 각 소자는 소자 당 대략 동일한 영역을 갖도록 구성된 '데이지' 부소자를 모자이크식 배열로 포함하는 도면,

도 6은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 4개의 소자를 포함하는 모자이크 어레이의 섹터를 도시하되, 각 소자는 '6각형' 부소자를 모자이크식 배열로 포함하는 도면,

도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 6개의 소자를 포함하는 모자이크식 어레이의 섹터를 도시하되, 각 소자는 '6각형' 부소자를 모자이크식 배열로 포함하는 도면,

도 8은 신호 혼선을 감소시키기 위해 갭으로 분리되는 모자이크식의 '데이지' 부소자를 도시하는 도면,

도 9는 신호 혼선을 감소시키기 위해 갭으로 분리되는 모자이크식의 '6각형' 부소자를 도시하는 도면,

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 모자이크식 어레이의 초음파 변환기를 선택적으로 구동하는 고전압 스위칭 회로의 직렬을 개략적으도 도시하는 도면.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

4 : 기판 6 : 절연 지지대

8 : 멤브레인 10,12 : 전극

66 : 초음파 드라이버 68 : 프로그래밍 회로

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 일반적으로 초음파 변환기(ultrasound transducer) 소자의 모자이크식 어레이 및 마이크로기계화된 초음파 변환기(MUTs)를 어레이 형태로 사용하는 것에 관한 것이다. MUT에 대한 하나의 특정 응용은 의료 진단 초음파 촬상 시스템에 존재한다.

종래의 초음파 촬상 시스템은, 초음파 빔을 송신하고 그런 다음 검사되는 피검체로부터 반사된 빔을 수신하는데 사용되는 초음파 변환기 어레이를 포함한다. 이러한 스캐닝은 집중된 초음파(focused ultrasonic wave)가 송신되고, 시스템은 짧은 시간 간격 이후 수신 모드로 전환되고, 반사된 초음파가 수신되고, 빔형성되며 디스플레이되도록 처리되는 일련의 측정을 포함한다. 전형적으로, 음향 빔 또는 스캔 라인을 따라 일련의 지점으로부터 데이터를 획득하기 위한 각 측정 동안 송신 및 수신은 동일한 방향으로 집중된다. 수신기는, 반사된 초음파가 수신되는 스캔 라인을 따른 연속적인 범위에서 동적으로 집중된다.

초음파 촬상에 대해, 어레이는 전형적으로 하나 또는 그 이상의 행으로 정렬되고 별개의 전압으로 구동되는 다수의 변환기를 갖는다. 시간 지연(또는 위상) 및 인가된 전압의 진폭을 선택함으로써, 주어진 행에서의 개개의 변환기는, 바람직한 벡터 방향을 따라 진행하고 빔을 따라 선택된 구역에서 집중되는 그물망 초음파(net ultrasonic wave)를 형성하기 위해 결합하는 초음파를 생성하도록 제어될 수 있다.

변환기 프로브가 수신 모드에서 반사된 음파를 수신하는데 사용되는 경우 동일한 원리가 적용된다. 수신 변환기에서 생성된 전압은 합산되어 그물망 신호는 피검체에서의 단일 집중 구역으로부터 반사되는 초음파를 나타낸다. 송신 모드와 같이, 초음파 에너지의 이 집중된 수신은 별개의 시간 지연(및/또는 위상 시프트) 및 각 수신 변환기로부터의 신호에 대한 이득을 부여함으로써 달성된다. 시간 지연은 반사된 신호의 깊이가 증가하는 정도에 따라 조정되어 수신시 동적 집중을 제공한다.

형성된 이미지의 품질 또는 해상도는 부분적으로, 변환기 어레이의 송신 및 수신 개구를 제각각 구성하는 변환기 수의 함수이다. 따라서, 고 이미지 품질을 달성하기 위해, 2 및 3 차원 촬상 애플리케이션 모두에 대해 다수의 변환기가 바람직하다. 초음파 변환기는 전형적으로 변환기 신호를 처리하여 초음파 이미지를 생성하는 전자장치에 유연한 케이블로 연결되는 휴대용(hand-held) 변환기 프로브에 위치한다. 초음파 프로브는 초음파 송신 회로 및 초음파 수신 회로 모두를 휴대할 수 있다.

최근에 반도체 공정은, 용량성(MUT) 또는 압전기식(pMUT) 종류일 수 있는 마이크로기계화된 초음파 변환기(MUTs)로서 알려진 유형의 초음파 변환기를 제조하는데 사용되고 있다. MUT는 수신된 초음파 신호의 소리 진동을 변조된 캐패시턴스로 변환하는 전극을 갖는 소형의 칸막이형 장치(tiny diaphragm-like devices)이다. 송신에 있어서, 용량성 전하는 장치의 칸막이를 진동시켜 음파를 송신하도록 변조된다.

MUT의 하나의 장점은 그들이 반도체 공정, 예를 들어 표제 '마이크로기계화' 하에서 분류된 마이크로제조 프로세스를 이용하여 만들어질 수 있다는 것이다. 미국 특허 번호 제 6,359,367 호에 설명되어 있는 바와 같이:

마이크로기계화는 (A) 패터닝 도구(일반적으로 프로젝션 얼라이너(projection-aligners) 또는 웨이퍼 스테퍼(wafer-stepper)와 같은 리쏘그래피)와, (B) PVD(physical vapor deposition), CVD(chemical vapor deposition), LPCVD(low-pressure chemical vapor deposition), PECVD(plasma chemical vapor deposition)와 같은 증착 도구와, (C) 습식 화학적 에칭, 플라즈마 에칭, 이온 밀링, 스퍼터 에칭 또는 레이저 에칭과 같은 에칭 도구의 조합 또는 부분집합을 사용하여 마이크로스코피 구조체를 형성하는 것이다. 마이크로기계화는 전형적으로 실리콘, 유리, 사파이어 또는 세라믹으로 구성된 기판 또는 웨이퍼 상에서 수행된다. 이러한 기판 또는 웨이퍼는 일반적으로 매우 평탄하고 매끄러우며 작은 측면 크기(lateral dimensions in inches)를 갖는다. 그들은 보통 그들이 프로세스 도구에서 프로세스 도구로 이동할 때 카세트 내에서 그룹으로 처리된다. 각 기판은 바람직하게(반드시 그럴 필요는 없음) 제품의 다수의 복사본을 포함한다. 마이크로기계화의 두 개의 일반적 유형, 즉 1) 웨이퍼 또는 기판이 그것의 두께의 상당한 부분이 조각되는 벌크 마이크로기계화, 및 2) 조각화(sculpturing)가 일반적으로 표면에, 특히 표면 상의 얇은 증착된 필름에 국한되는 표면 마이크로기계화가 존재한다. 본 명세서에서 사용된 마이크로기계화 정의는, 실리콘, 사파이어, 모든 유형의 유리 물질, 폴리머(예로, 폴리이미드), 폴리 실리콘, 실리콘 질화물, 실리콘 산화질화물, 알루미늄 합금, 구리 합금 및 텅스텐과 같은 얇은 필름 금속, 스핀 온 유리(SOGs), 주입가능한(implantable) 또는 확산된 도펀트 및 실리콘 산화물 및 질화물과 같은 성장된 필름을 포함하는 종래의 또는 알려져 있는 마이크로기계화가능 물질의 사용을 포함한다.

마이크로기계화의 동일한 정의가 본 명세서에서 채용된다.

초음파 변환기 어레이의 설계를 지속적으로 개선할 필요가 있다. 오늘날의 초음파 촬상 시스템의 복잡성은 탁월한 이미지 품질을 달성하기 위해 높아져야 한다. 종래의 프로브는 전형적으로 128개의 신호 처리 채널을 갖는다(또한 전자 고도 집중(electronic elevation focusing)을 갖는 어레이에 대해서는 5배나 증가함). 또한, 대부분의 촬상 양식(most imaging modalities)(초음파를 포함함)에서 정확한 임상 진단을 하는 가능성은 보다 얇은 슬라이스 두께에 의해 유리할 것이다. 고도 및 방위 모두에서 동적으로 집중되는 빔의 구현은 특히 일반적인 촬상 애플리케이션(초음파 심장 진단 애플리케이션과 대조됨)에 대해서 매우 복잡하고 고가이다. 또한 전자장치에 의해 소모되는 부피 및 전력으로 인해 이러한 시스템을 쉽게 휴대가능할 수 없게된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 초음파 변환기의 활동적인 개구(active aperture)를 매우 작은 부소자(subelements)의 모자이크식으로 분할하여 그들을 전자 스위치와 상호연결함으로써 이들 부소자로부터 소자(elements)를 형성하는 아이디어를 이용한다. 이들 소자들은 모자이크식 어레이의 표면을 따라 전자적으로 '이동'되어 스위치 구성을 변경함으로써 스캐닝을 수행할 수 있다. 다른 소자 구성은 빔스티어링(beamwteering)을 허용하여 용적 측정의 데이터 세트(volumetric data s

ets)를 획득하는 기능을 제공할 것이다. 다수의 동심 환상 소자(concentric annular elements)의 구성은 소자 형상을 음향의 동위상면에 매칭시킴으로써 최적의 음향 이미지 품질을 제공한다. 본 발명의 일 관점은 결과적인 어레이의 재구성이다.

소자들을 재구성하고 소자를 동위상면에 매치시켜 필요한 소자(또는 채널)의 수를 상당히 감소시켜 높은 최종 시스템 이미지 품질을 달성하는 것이 이들 능력이다. 보다 적은 수의 채널을 가지게 되면, 빔포밍 전자장치에 의해 처리될 필요가 있는 신호의 수도 상당히 감소된다. 그러므로, 모자이크 어레이에 대해 시스템 전자장치의 부피 및 전력 소모는 상당히 휴대가능한 초음파 시스템에 적절할 수 있다.

본 발명의 일 관점은 다수의 부소자를 포함하는 모자이크 어레이인데, 각각의 부소자는 제각각의 다수의 마이크로기계하된 초음파 변환기(MUT) 셀을 포함하고, 각 MUT 셀은 상단 전극과 하단 전극을 포함한다. 임의의 특정 부소자를 구성하는 MUT 셀의 상단 전극은 함께 하드와이어링(hard-wried)되고, 동일한 MUT 셀의 하단 전극도 함께 하드와이어링된다.

본 발명의 또 다른 관점은 다수의 마이크로전자 스위치에 의해 상호연결되는 다수의 부소자를 포함하는 초음파 변환기 어레이이되, 각 부소자는 제각각의 다수의 MUT 셀을 포함하고, 특정 부소자 내의 각 MUT 셀은 함께 하드와이어링된다.

본 발명의 또 다른 관점은 초음파 변환기를 제조하는 방법인데, 이 방법은 후속하는 단계, 즉 내부에 다수의 마이크로전자 스위치를 갖는 기판을 제조하는 단계와, 기판 상에 다수의 MUT 셀을 마이크로기계화하는 단계를 포함하되, MUT 셀은 클러스터로 상호연결되고, 상호연결된 MUT 셀의 각 클러스터는 마이크로전자 스위치의 제각각에 연결된다.

본 발명의 또 다른 관점은 초음파 변환기인데, 이 변환기는, 각각이 제각기의 상단 전극 및 제각기의 하단 전극을 포함하는 다수의 MUT 셀을 포함하되, MUT 셀의 상단 전극은 함께 하드 와이어링되고 MUT 셀의 하단 전극은 함께 하드와이어링되고, 마이크로전자 스위치는 상호연결된 상단 전극 또는 상호연결된 하단 전극에 연결된 출력 단자를 갖고, 드라이버 회로는 마이크로전자 스위치가 턴온되는 경우 초음파를 생성하기 위해 다수의 MUT셀을 구동하는 마이크로전자 스위치의 입력 단자에 연결된 출력 단자를 갖는다.

본 발명의 다른 관점은 이하에서 개시되고 청구된다.

발명의 구성 및 작용

상이한 도면에서의 유사한 소자는 동일한 참조 번호로 기재되는 도면을 이제 참조할 것이다.

본 명세서에 개시된 본 발명은 마이크로기계화된 초음파 변환기(MUTs)를 갖는 모자이크식 어레이를 구현하는 유일한 방법이다. 예시 목적으로, 용량성 마이크로기계화된 초음파 변환기(cMUTs)를 이용하는 본 발명의 다양한 실시예가 설명될 것이다. 그러나, 본 명세서에서 개시된 본 발명의 관점은 cMUTs의 사용에 제한되지 않고, 오히려 pMUTs도 이용할 있고, 심지어 주사위꼴 부소자 각각이 상호연결 수단에 의해 기저 스위칭 층(underlaying switching layer)에 연결되는 주사위꼴 압전세라믹 어레이를 이용할 수도 있다.

cMUTs는 소형(예로, 50㎛)의 용량성 '드럼헤드' 또는 초음파 에너지를 송신 및 수신할 수 있는 셀을 포함하는 실리콘 기반 장치이다. 도 1을 참조하면, 전형적인 MUT 변환기 셀(2)이 단면으로 도시되어 있다. 이러한 MUT 변환기 셀의 어레이는 전형적으로 실리콘 웨이퍼와 같은 기판(4) 상에 제조된다. 각 MUT 변환기 셀마다, 실리콘 질화물로 구성될 수 있는 얇은 멤브레인(membrane) 또는 칸막이(diaphragm)(8)는 기판(4) 위에 서스펜딩된다(suspended). 멤브레인(8)은 실리콘 산화물 또는 실리콘 질화물로 구성될 수 있는 절연 지지대(6)에 의해 그것의 주변 상에서 지탱된다. 멤브레인(8)과 기판(4) 사이의 공동(20)은 공기 또는 가스 충진될 수 있고 또는 전체적으로 또는 부분적으로 비워질 수 있다. 알루미늄 합금 또는 다른 적절한 도전성 물질과 같은 도전성 물질의 필름 또는 층은 멤브레인(8) 상에 전극(12)을 형성하고 도전성 물질로 구성된 또 다른 필름 또는 층은 기판(4) 상에 전극(10)을 형성한다. 이와 달리, 전극(10)은 기판(4) 내에 내장된다. 또한, 전극(12)은 도 1에 도시된 바와 같이 그것 내에 내장되기 보다는 멤브레인(8)의 상단에 존재할 수 있다.

공동(20)에 의해 분리되는 두 개의 전극(10 및 12)은 캐패시턴스를 형성한다. 음향 신호를 가하여 멤브레인(8)이 진동하게 되면, 캐패시턴스의 변화는 연관된 전자장치(도 1에 도시되어 있지 않음)를 사용하여 검출되어, 음향 신호를 전기 신호로 변환할 수 있다. 이와 반대로, 전극들 중 하나에 인가된 AC 신호는 전극 상의 전하를 변조하여, 그런 다음 전극 사이의 용량성 힘(capacitive force)의 변 조를 야기하는데, 후자는 칸막이를 이동시켜 음향 신호를 송신한다.

동작시, MUT 셀은 전형적으로 전극 양단에 인가된 시변 전압(v(t))보다 상당히 높은 dc 바이어스 전합(V_{bias})을 갖는다. 이 바이어스는 쿨롱의 힘을 통해 상단 전극을 하단 전극쪽으로 이끌리게 한다. 심하게 바이어싱된 경우에, MUT 드럼헤드는 이하에서 주어진 멤브레인 변위(u)를 겪게되는데,

$$u(t) \approx \frac{\varepsilon}{d^2} * V_{bias} * v(t) \quad (1)$$

여기서, d는 캐패시터의 전극 또는 극판 사이의 간격이고, ε 는 셀의 유효 유전 상수이다. MUT 셀의 감도는 바이어스 전압이 높고 전극이 서로 보다 더 가까운 경우 가장 큰 것으로 발견되었다.

전형적인 MUT의 마이크로 크기 치수로 인해, 다수의 MUT 셀은 전형적으로 아주 근접하게 제조되어 단일 변환기 소자를 형성한다. 개개의 셀은 원, 직사각형, 6각형 또는 다른 주변 형상을 가질 수 있다. 육각형의 형상은 변환기 소자의 MUT 셀의 촘촘한 패킹을 제공한다. MUT 셀은 상이한 치수를 구비할 수 있어 변환기 소자는 상이한 셀 크기의 합성 특성을 가지게 되어 변환기에 광범위한 특성을 부여할 것이다.

MUT 셀은 마이크로기계화 프로세스에서 함께 하드와이어링되어 부소자, 즉 몇몇 가능한 지적 방식(intelligent fashion)으로 분류된 개개의 MUT 셀의 클러스터('부소자'라는 용어는 이하에서 이러한 클러스터를 설명하는데 사용될 것이다)를 형성할 수 있다. 이들 부소자는 마이크로전자 스위치에 의해 상호연결되어(하드와 이어링과 대조됨) 이러한 스위치를, MUT 부소자가 구성되는 실리콘 층 내에 배치함으로써 환상(annuli)과 같은 큰 소자를 형성할 것이다. 이 구성은 저가로 큰 부피로 이루어질 수 있는 반도체 공정에 기반을 둔다.

최상의 음향 성능을 획득하는 모자이크를 설계하는 방법에는 다수의 방법이 존재한다. 예를 들어, 송신 및 수신시 동위상면을 매칭시킬 수 있고 인접 부소자 간에 갭을 제공하여 소자 대 소자의 혼선을 감소시킬 수 있고, 다양한 부소자 패턴을 선택하여 모자이크식의 모자이크 그리드를 형성할 수 있고, 특정 애플리케이션에서 최대의 음향 성능을 위해 송신 및 수신에 대해 다양한 소자 패턴을 선택할 수 있다.

본 명세서에서 설명된 실시예에 따르면, 변환기는 빔 방향, 집중 위치 및 최소 싸이드로브 및 그레이팅 로브와 관련된 특정 음향 출력을 제공하기 위해 다양한 방식으로 상호연결될 수 있는 MUT 부소자의 어레이를 사용하여 제조될 수 있다.

예시 목적으로, 도 2는 6개의 육각형 MUT 셀(2)로 구성되는 '데이지' 부소자(14)를 도시하는데, 중앙 셀은 6개 셀의 링으로 둘러싸여지고, 링의 각 셀은 링의 중앙 셀 및 인접 셀의 제각기의 측면에 인접하다. 각 셀의 상단 전극은 함께 하드와이어링된다. 이와 유사하게, 각 셀의 하단 전극은 함께 하드와이어링되어 7배 더 큰 용량성 부소자를 형성한다.

이와 다른 '6각형' 부소자(16)가 도 3에 도시되어 있고 19개의 MUT 셀로 구성된다. 각 그룹의 셀의 상단 전극은 함께 하드와이어링되고, 이와 유사하게 각 그룹의 셀의 하단 전극은 연결되어 보다 큰 용량성 부소자를 형성한다. MUT 셀은 매우 작게 만들어질 수 있기 때문에, 매우 섬세한 정도의 모자이크식 어레이를 달성할 수 있다.

본 발명의 범주 내에 들어가는 MUT 셀 및 부소자를 사용하여 변환기 어레이를 형성할 수 있는 방법에는 여러 가지가 있다. 도 4 및 도 5는 모자이크식 어레이를 형성하는 모자이크식의 부소자의 예를 도시한다. 도 4에 도시된 실시예에서, 각각 모자이크식의 '데이지' 부소자(부소자 당 7개의 셀이 하드와이어링됨)를 포함하는, 네 개의 대략 환상형의 소자(각각 참조 번호(22,24,26 및 28)로 지칭됨)는 소자 당 대략 동일한 영역을 갖도록 구성된다. 도 5에 도시된 실시예에서, 각각 모자이크식의 '데이지' 부소자를 포함하는, 6개의 대략 환상형의 소자(참조 번호(30,32,34,36,38 및 40)로 지칭됨)는 소자당 대략 동일한 영역을 갖도록 구성된다. 각 경우에서 모자이크식 구성은 다수의 부소자 유형으로 구성될 수 있다. 어레이 패턴은 모자이크식일 필요는 없지만, 음향 부소자가 없는 영역을 가질 수 있다. 예를 들어, 어레이 아래에 MUT 부소자 또는 셀의 상단 전극 연결을 야기하는 바이어스가 존재할 수 있다.

본 발명의 구성은 빔폭, 사이드로브 레벨과 같은 다양한 음향 파라메터 또는 초점 깊이(depth of focus)를 최적화하기 위해 변경될 수 있다. 이와 달리, 부소자는 송신 동작을 위한 하나의 개구를 형성하도록 그룹핑될 수 있고 수신 부분을 위한 또 다른 개구로 즉각 스위칭될 수 있다. 도 4 및 도 5는 대략 환상형의 소자를 도시하고 있지만, 다른 구성, 예를 들어 비연속적인 링, 8극 링 또는 아크가 구현될 수 있다. 패턴의 선택은 애플리케이션 필요에 따라 결정될 것이다.

도 6 및 도 7은 모자이크식의 '6각형' 부소자를 포함하는 소자 패턴의 예를 예시한다. 도 6에 도시된 실시예는, 각 소자가 모자이크식의 '육각형' 부소자(부소자 당 19개의 MUT 셀이 함께 하드와이어링됨)를 포함하는 4개의 소자(제각각 참조번호(42,44,46 및 48)로 지칭됨)를 갖는다. 이 소자들은 원형이 아니다. 특히, 제 3 소자는 비 연속적인 링 또는 보다 구체적으로 동일한 각 간격으로 원주형으로 분포된 다수의 '6각형' 부소자이다. 도 7에 도시된 실시예는 각 소자가 모자이크식의 '육각형' 부소자를 포함하는 6개의 소자(제각각 참조번호(50,52,54,56,58 및 60)로 지칭됨)를 갖는다. 이 실시예에서, 제 4 소자는 비 연속적인 링이고, 제 1 (즉, 중앙) 소자는 원형이기보다는 6각형이다.

도 4 내지 도 7에 도시된 패턴은 단지 예시적이라는 것을 이해해야한다. 다수의 다른 패턴이 정의될 수 있고 본 개시물은 본 발명을 명시적으로 도시된 것에 제한하려 하지 않는다.

모자이크식 환상형 어레이의 경우에, 환상(annuli)을 통해 빔포밍 전자장치에 의해 처리되어야 하는 다수의 신호가 상당히 감소될 수 있다. 예를 들어, cMUT 셀이 8개 소자의 환상의 어레이로 분포되는 경우, 이것은 빔포밍 전자장치가 환상에 의해 출력된 8개의 신호만을 처리해야할 것이다라는 것을 의미한다. 이것은 신호 처리 채널의 수가 전형적으로 128개(그리고 전자 고도 집중을 갖는 어레이이 대해서는 그 수가 5배 증감됨)인 종래이 프로브의 경우와 분명히 대비된다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 재구성가능한 어레이의 소자들 간의 혼선은 부소자들 간에 작은 갭을 도입함으로써 감소될 수 있다. 도 8은 모자이크식의 '데이지' 부소자(14)를 도시하는데, 각 '데이지' 부소자는 갭(62)에 의해 인접 부소자와 분리된다. 도 9는 모자이크식의 '6각형' 부소자(16)를 도시하는데, 각 '6각형' 부소자는 갭(64)에 의해 인접 부소자와 분리된다. 혼선을 더 줄이기 위해, 각 부소자 주위의 실리콘 기판 내로 트렌치가 구현될 수 있다.

부소자('데이지','6각형', 또는 다른 형상)는 어레이 아래에서 스위치를 사용함으로서 동적으로 상호연결되어, 임의의 소자 패턴, 즉 다시 말해 재구성가능한 어레이를 형성할 수 있다. 이들 스위치는 별도로 패키지화된 부품이지만, 실제로는 MUT 어레이가 제조될 동일한 반도체 기판 내에 스위치를 제조할 수 있다. MUT 어레이를 형성하는 데 사용되는 마이크로기계화 프로세스는 집적 회로에 대해 불리한 영향을 가지지 않을 것이다.

본 발명의 일 관점에 따르면, 높은 임피던스 MUTs가 매우 제한된 전류를 요구하기 때문에 소형으로 제조될 수 있는 펄서 회로(pulser circuits)를 사용함으로써 고전압 스위치의 수를 줄일 수 있다.

각 MUT 부소자는 양극 동작을 하게 해주는 연속적으로(back to back) 연결된 두 개의 DMOS FET를 포함하는 고전압 스위칭 회로(함께 단락된 소스 노드, 도 10의 스위치(X1-X3)를 참조)에 의해 구동될 수 있다. 이러한 스위칭 회로는 'Integrated High-Voltage Switching Circuit for Ultrasound Transducer Array'라는 제목의 미국 특허 출원 번호 제 10/248,978 호에 개시되어 있다. 이 스위칭 회로에서, 전류는 양 FET가 턴온될 때마다 스위칭 단자를 통해 흐른다. 스위치를 턴온하기 위해, 이들 장치의 게이트 전압은 그들의 소스 전압보다 임계 전압만큼 더 커야한다. 임계 전압 이상에서, 스위치 온 저항은 게이트 전압과 반대로 변한다. 소스 전압은 드레인 전압에 근접할 것이기 때문에(낮은 온 저항 및 낮은 전류에서), 소스 전압은 초음파 송신 펄스 전압을 추적할 것이다. 게이트 소스 전압이 일정하게 유지되게 하기 위해서, 게이트 전압은 송신 펄스 전압도 추적해야 한다. 이것은 스위치 제어 회로로부터 소스 및 게이트를 격리시키고 소스를 기준으로 게이트에 고정된 전위를 제공함으로써 달성될 수 있다. 이것은 바람직하게 동적 레벨 시프터를 사용하여 달성된다.

미국 특허 출원 번호 제 10/248,968 호는, 드레인이 다이오드를 통해 DMOS FET의 공통 게이트에 연결되는 고전압 PMOS 트랜지스터를 포함하는 턴온 회로를 개시한다. PMOS 트랜지스터의 게이트는 스위치 게이트 턴온 전압(Vp)을 수신한다. PMOS 트랜지스터의 소스는 글로벌 스위치 게이트 바이어스 전압(공칭 5V)으로 바이어싱된다. 스위치를 턴온하기 위해, PMOS 트랜지스터의 게이트 전압(Vp)은 하이(5V)에서 로우(0V)로 변경되어, 글로벌 바이어스 전압이 PMOS 트랜지스터를 통해 DMOS FET의 공유 게이트 단자에 인가되도록 한다. 스위치 게이트 전압(Vp)이 글로벌 스위치 게이트 바이어스 전압 위를 표류하는 경우 PMOS 트랜지스터가 턴온되는 것을 방지하는 다이오드가 제공된다. 일단 스위치 게이트 전압(Vp)이 스위치 게이트 바이어스 전압에 도달하면, DMOS FET의 기생 게이트 캐패시턴스는 이 전압을 유지할 것이다. 이러한 이유로, 일단 게이트 전압(Vp)이 안정되면, PMOS 트랜지스터는 턴오프되어 전력을 보존할 수 있다. 스위치 ON 상태가 스위치 게이트 캐패시턴스 상에 효과적으로 저장된다는 사실은 스위치가 자신의 메모리를 구비하고 있다는 것을 의미한다.

이 스위칭 회로는 도 1O에 도시된 바와 같이 직렬 스위치의 일부분으로서 사용될 수 있다(위에서 인용한 미국 특허 출원 일련 번호 제 10/248,968 호에 발췌함). 세 개 이상의 스위치가 도시된 방식으로 직렬접속될 수 있다는 것을 이해해야 하지만, 도 10에 도시된 예시적인 직렬은 직렬로 연결된 세 개의 스위치(X1,X2 및 X3)를 포함한다. 스위치(X1 내지 X3)의 상태는 제각기의 스위치 제어 회로(C1 내지 C3)에 의해 제어된다. 게이트 턴오프 전압(V_N) 및 게이트 턴온 전압(V_P)을 제어하는 디지털 회로(도시되어 있지 않음)가 존재한다. 이 디지털 회로는 스위치의 상태의 로컬 메모리를 갖는다. 외부 제어 시스템(도 10의 프로그래밍 회로(68))은 모든 스위치 메모리를 ON, OFF 또는 NO_CHANGE 상태 중 하나로 프로그래밍한다. 그런 다음 글로벌 선택 라인(70)(도 10을 참조)은 그 상태를 실제 스위치 제어 회로에 인가하는데 사용된다. 따라서 선택라인이 활성화될 때까지, V_N 및 V_P 모드는 영이다. 이 경우, 스위치 자신은 자신의 마지막 상태를 유지한다. 글로벌 선택 라인(70)이 활성화되는 경우, 저장된 스위치 상태는, V_N 을 하이(스위치를 턴오프함), V_P 를 로우(스위치를 턴온함), 또는 VN 및 VP 모드를 로우(스위치 상태에 변화가 없음)로 야기함으로써 스위치 자신에 전달된다. 도 10에서 각 스위치(X1-X3)의 글로벌 스위치 게이트 바이어스 전압 단자는 버스(72)에 연결된다. 글로벌 스위치 게이트 바이어스 전압 버스(72)와 함께 글로벌 선택 라인(70)은 각 스위치(X1-X3)의 턴온 전압이 독립적으로 프로그래밍되도록 해준다. 보다 구체적 으로, 각 스위치는, 프로세싱으로 인한 변형을 보정하기 위해 어레이 내에서 모든 스위치의 스위치 온 저항을 조정하는데 사용될 수 있는 그 자신의 고유 게이트 턴온 전압으로 프로그래밍될 수 있다.

도 10을 여전히 참조하면, 제 1 초음파 변환기(U1)는 스위치(X1)가 턴온되는 경우 초음파 드라이버(66)에 의해 구동될 수 있고, 제 2 초음파 변환기(U2)는 스위치(X1 및 X2) 모두가 턴온되는 경우 초음파 드라이버(10)에 의해 구성될 수 있으며, 제 3 초음파 변환기(U3)는 스위치(X1,X2 및 X3) 모두가 턴온되는 경우 초음파 드라이버(10)에 의해 구동될 수 있다. 각 초음파 변환기는 본 명세서에서 개시된 유형들 중 하나의 부소자일 수 있다.

I. 재구성가능한 MUT 기반 모자이크 어레이에 대한 애플리케이션

본 발명은 어레이의 재구성가능성이라는 개념을 이용한다. 후속하는 예는 이용할 수 있는 모든 세트의 가능성을 커버하려하기 보다는 예시적 목적으로 주어진다.

a. 환상형의 어레이

비 모자이크식 환상형의 어레이에서, 통상의 방식은, 중앙 소자 및 환상 모두 동일한 영역을 갖는 동일한 영역 근사화로 그들을 구성할 것이다. 이러한 접근 방식은 각 소자 양단의 위상 시프트를 일정하도록 강제한다. 그것은 또한 모든 소자의 임피던스를 균일하게 하여, 그들로부터 구동 및 수신하는 회로에 동일한 로딩이 부여된다. 이것은 각 소자의 스펙트럼 콘텐츠(spectral content)가 거의 균일하도록 도움을 주어 송신 및 수신 빔형성 프로세스의 코히어런스(coherence)를 최 대화한다.

그러나, 컴퓨터 시뮬레이션은 동일한 영역 접근 방식은 근접 필드에서 동작하게될 소자의 수가 제한되기 때문에 어레이의 근접 필드 성능을 제한한다는 것을 보여준다. 이와 다른 하나의 설계는, 일정한 f-수 설계(constant f-number design)인데, 이는 평탄한(사전 집중되지 않은(non-prefocused)) 환상형의 어레이용으로 의도된다. 이러한 접근 방식에서, 개구를 빠져나갈 때까지 일정한 f-수를 관심 범위 이상으로 유지하려는 시도가 있다. 이들 설계 및 다른 변형은 본 명세서에서 개시된 MUT 부소자의 재구성가능한 어레이로 쉽게 구현된다.

b. 비 환상형의 어레이

MUT의 재구성가능성은 모자이크 어레이 소자의 형상 및 크기 면에서 상당한 일반성을 허용한다. 소정의 임상 애플리케이션은 타원형 설계(고도 렌징(elevation lensing)이 사용되는 경우) 또는 가능한 드문 어레이 설계(possible sparse array designs)와 같은 다른 구성을 요구할 수도 있다.

c. 송신 대 수신에 대한 상이한 구성

MUT 어레이 기판 내의 집적 전자장치는 어레이 소자 패턴 또는 구성을 신속하게 스위칭하는 능력을 제공한다. 이것이 음향 성능에 대해 야기하는 하나의 장점은 수신용과는 다른 송신용 개구를 구비할 수 있는 능력이다. 송신시 고정된 초점 깊이에 대한 최적의 개구가 구성될 수 있는 반면, 수신시 동적으로 변하는 초점에 적절한 개구(또는 개구 또는 어포디제이션(apodization))가 구현될 수 있다. 이것은 개구의 크기를 변경하는데에만 제한되지 않는다(예로, 모든 시스템 채널은 송신 및 수신에 대해 사용될 수 있다).

d. 빔 스티어링

재구성가능한 어레이는 주어진 빔에 대해 유사한 지연값을 갖는 부소자들을 서로 그룹핑함으로써 빔 스티어링을 가능하게 한다. 브로드사이드 빔은 환상형 링과 같은 형상의 그룹핑을 가질 것이지만, 수직면으로부터 스티어링된 빔은 아크 형상의 그룹핑을 갖는다.

빔은 3차원적으로, 즉 방위 및 고도 방향 모두에 대해 스티어링될 수 있다. 재구성가능한 설계의 부가되는 가치는, 전형적인 위상 어레이가 작은 스티어링 각도에서 음향 필드를 심하게 오버샘플링하기 때문에 이들 스티어링된 빔은 보다 적은 수의 시스템을 통해 달성될 수 있다는 것이다. 그러므로, 빔 스티어링은 필요한 시간 지연에 따라 모자이크 설계로 소자들을 서로 효과적으로 그룹핑함으로써 제한된 수의 채널을 통해 달성될 수 있다. 필요한 이산 지연의 수는 공간 샘플링의 거칠음(coarseness)을 증가시킬 때 발생하는 사이드로브의 레벨과 관련된다.

II 음향 성능 강화

a. 부소자 대 부소자 바이어스 전압 변화

송신 개구에서의 진폭의 갑작스런 변화는 깁스 현상 관련 프로세스(Gibbs phenomenon-related process)를 통해 보다 높은 진폭의 사이드로브를 발생시킨다는 것은 잘 알려져 있다. 일차원 어레이에서, 대부분의 제조자들은 가중치(또는 어포디제이션)를 적용하여 이들 사이드로브를 감소시킨다. 어레이의 표면에 대해 수직 방향으로 송신하는 모자이크식 환상형의 어레이에서, 어포디제이션은 어레이의 개 개의 링에 적용될 수 있다. 이것은 일정한 진폭이 각각의

아크에 적용되어야 하고 이들 아크는 모자이크식 환상형의 어레이 개구의 에지에서 끝나기 때문에 빔 스티어링된 모자이크식 환상형의 어레이에서는 더 이상 가능하지 않다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, 개구 양단의 바이어스 전압은 MUT 셀 양단의 구형(또는 다른 형상)의 변조를 생성하도록 수정될 수 있고 따라서 원하는대로 빔형성 프로세스를 변경시킬 수 있다. 일반적으로 이것은 활성 개구 양단의 바이어스 전압을 제어한다는 것을 의미할 것이다. 다시 한번, 이 제어의 이산성(discretness)은 원하는 빔 품질 및 허용될 수 있는 회로 복잡도에 의해 결정될 것이다. 어포디제이션의 형상을 설정하기 위해 바이어스 전압을 사용하는 경우, 심지어 환상의 링을 사용하는 경우, 어포다이징 기능의 형상은 환상의 링에 의해서가 아니라 부소자에 의해 결정되기 때문에 어포디제이션에 걸쳐 보다 많은 제어가 존재한다.

또한, 프로세스 변화 때문에, 부소자의 음향 감도는 어레이에 걸쳐 일정하지 않을 수 있다. 감도는 바이어스 전압에 의존하기 때문에, 각 부소자에 대해 이러한 전압을 독립적으로 조정함으로써 감도 변화를 보상할 수 있다.

b. 적응 음향

빔형성의 품질은, 어레이 내의 임의의 부소자(또는 부소자의 그룹)에 의해 수신된 에코를 격리시키고 이 에코의 시간적 관계를, 모든 모자이크 어레이 소자의 합(빔합(beamsum))과 비교함으로써 주기적으로 검사될 수 있다. 부소자(또는 그룹)는 빔합 신호에 대한 그것의 위상 또는 시간 지연에 따라 상이한 환상 또는 아크에 재할당될 수 있다.

c. 고조파

본 명세서에서 개시된 모자이크 어레이는 고 대역폭의 이점도 제공한다. 특히, 모자이크식 환상형의 구성에 있어서 모자이크 어레이의 사용은 음향 필드에 걸쳐 보다 많은 제어가 가능하기 때문에 직사각형 개구에서 달성가능할 때보다 많은 양의 고조파 에너지(harmonic energy)를 생성할 것이라고 예상된다. 이 부가적인 고조파 에너지는 MUT의 광대역폭으로 인해 보다 쉽게 검출될 것이다라는 것도 더 예상된다.

광대역폭 성능과 관련하여, 제 3 고조파 촬상의 가능성은 본 명세서에서 설명한 모자이크 어레이 접근방식보다 더 뛰어나다(현재의 시스템은 제 2 고조파만을 사용한다).

또한, 본 명세서에서 설명한 모자이크 어레이는 빔 형상 장점을 제공한다. 조직 특성화(tissue characterization)와 같은 기법은 MUT와 같은 광대역폭 장치를 사용함으로써 직접 얻을 질 것이다. 이것은 조직 특성이 탁월한 분해능으로 인해 보다 더 잘 샘플링되기 때문이다.

요약하면, 본 발명에 개시된 본 발명은 감소된 슬라이스 두께, 고도면에서 동적으로 집중되는 빔 및 음향 성능을 개선하고 특정 임상 상황을 위한 재구성가능성을 포함하는 우수한 빔 성능을 제공한다.

모자이크식 어레이를 갖는 MUT 기법의 조합은 다수의 상이한 초음파 애플리케이션에 걸쳐 우수한 이미지 품질에 필요한 음향의 동위상파면에 매치시키기 위해 촘촘한 정도의 소자로 재구성하는 능력을 제공한다. MUT 셀은 또한 비공명 구조체 이다. 결과적으로, 그들은 종래의 압전세라믹 어레이보다 훨씬 더 넓은 주파수 범위에 걸쳐 동작할 수 있다. 모자이크 어레이 기법은, 종래의 어레이의 상태보다 훨씬 더 미세한 빔 형상 및 제어를 갖는, 실시간 2차원 및 전자적으로 구동되는 3차원 촬상을 제공할 것이다.

본 발명은 바람직한 실시예를 기준으로 설명하였지만, 당업자라면 다양한 변화가 이루어질 수 있고 등가물이 본 발명의 범주를 벗어나지 않고서 그들의 소자를 대체할 수 있다라는 것을 이해할 것이다. 또한, 다수의 수정이 본 발명의 필수 범주를 벗어나지 않고서 본 발명의 가르침에 특정 상황을 채택하도록 이루어질 수 있다. 그러므로 본 발명은, 본 발명을 수행하는 것으로 고려되는 최상의 모드로서 개시된 특정 실시예에 제한되지 않고, 본 발명은 첨부한 청구항의 범주 내에 들어가는 모든 실시예를 포함할 것이다라는 것을 의도한다.

발명의 효과

본 발명에 따르면, 초음파 변환기의 활동적인 개구를 매우 작은 부소자의 모자이크로 분할하여 그들을 전자 스위치와 상호연결함으로써 이들 부소자로부터 소자를 형성하는 아이디를 이용하여 부피 및 전력 소모를 감소시켜 상당히 휴대가능한 초음파 시스템을 제공할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

다수의 부소자(a multiplicity of subelements)(U1,U2,U3)를 포함하되, 상기 부소자 각각은 제각기의 다수의 마이크로기계화된 초음파 변환기(MUT) 셀(2)을 포함하고, 각 MUT 셀은 상단 전극(12) 및 하단 전극(10)을 포함하는 모자이크식 어레이에 있어서,

임의의 특정 부소자를 구성하는 MUT 셀의 상기 상단 전극은 함께 하드와이어링되고, 동일한 MUT 셀의 상기 하단 전극은 함께 하드와이어링되는

모자이크식 어레이.

청구항 2.
제 1 항에 있어서,

다수의 스위치(X1,X2,X3)를 더 포함하되, 상기 다수의 스위치 각각은 상기 부소자의 제각각에 연결되는 모자이크식 어레이.

청구항 3.
제 2 항에 있어서,

반도체 기판(4)을 더 포함하되, 상기 스위치는 상기 반도체 기판 내에 제조되고 상기 cMUT 셀은 상기 반도체 기판 상에 제조되는 모자이크식 어레이.

청구항 4.
제 2 항에 있어서,

상기 다수의 스위치를 제어하는 프로그래밍 회로(66)를 더 포함하는 모자이크식 어레이.

청구항 5.
제 4 항에 있어서,

상기 프로그래밍 회로는 상기 스위치를 제어하여 스위칭 온된 부소자는 일반적으로 환상형의 링을 형성하는 모자이크식 어레이.

청구항 6.
다수의 마이크로전자 스위치에 의해 상호연결되는 다수의 부소자(U1,U2,U3)를 포함하는 초음파 변환기 어레이에 있어서,

각 부소자는 제각기의 다수의 MUT 셀을 포함하고, 특정 부소자 내의 각 MUT 셀은 함께 하드와이어링되는 초음파 변환기 어레이.

청구항 7.
제 6 항에 있어서,

선택된 부소자를 상호연결하여 제각기의 소자를 형성하는 프로그래밍 수단(68)을 더 포함하는 어레이.

청구항 8.
제 7 항에 있어서,

상기 제각기의 소자는 전기적으로 형성된 환상형의 어레이의 다수의 동심의 환상을 형성하는 어레이.

청구항 9.
제 7 항에 있어서,

상기 부소자는 송신 동안 제 1 구성으로 상호연결되고 수신 동안 제 2 구성으로 상호연결되되, 상기 제 1 및 제 2 구성은 서로 다른 어레이.

청구항 10.

각각의 MUT 셀이 제각기의 상단 전극을 포함하되, 상기 MUT 셀의 상기 상단 전극은 함께 하드와이어링되고 상기 MUT 셀의 상기 하단 전극은 함께 하드와이어링되는, 다수의 MUT 셀(2)과,

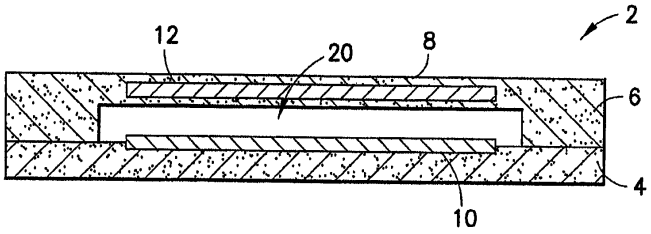
상기 상호연결된 상단 전극 또는 상기 상호연결된 하단 전극에 연결된 출력 단자를 갖는 마이크로전자 스위치(X1)와,

상기 마이크로전자 스위치의 입력단자에 연결된 출력 단자를 구비한, 상기 다수의 MUT 셀을 구동하여 상기 마이크로전자 스위치가 턴온되는 경우 초음파를 생성하는 구동 회로(66)

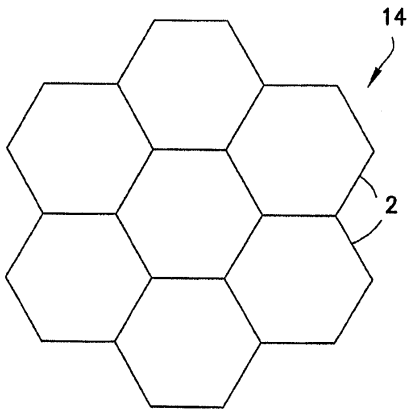
를 포함하는 초음파 변환기.

도면

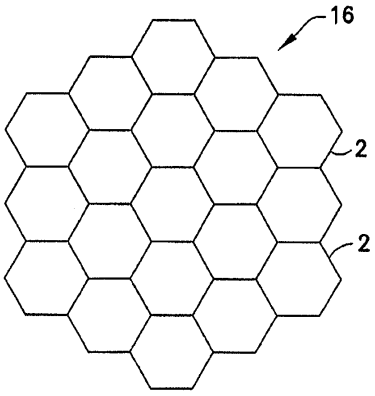
도면1



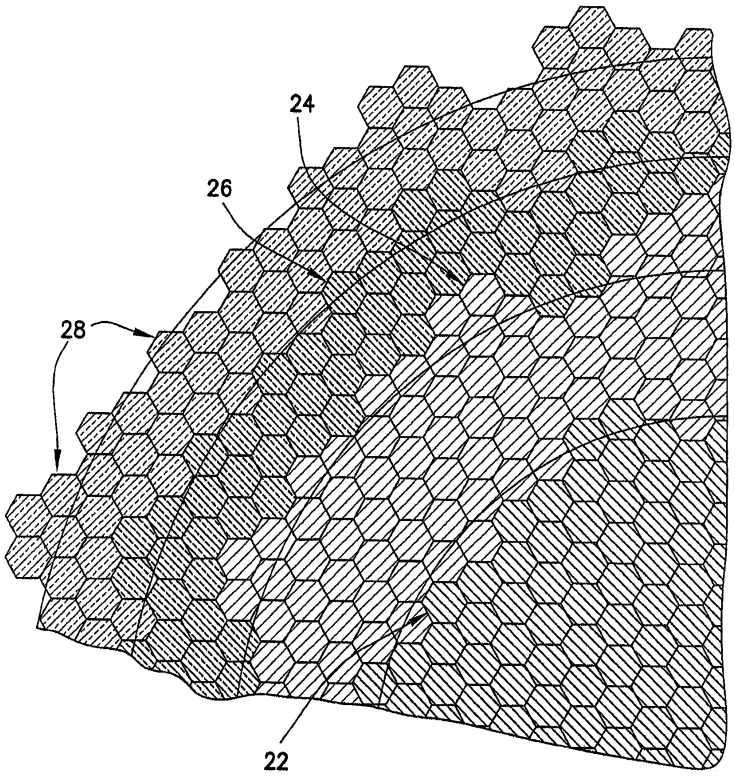
도면2



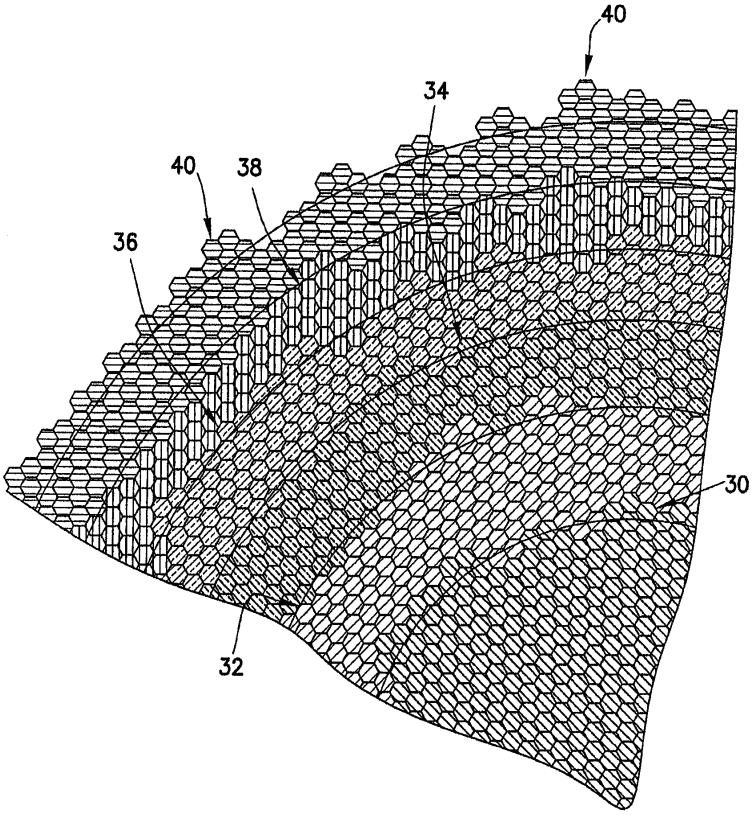
도면3



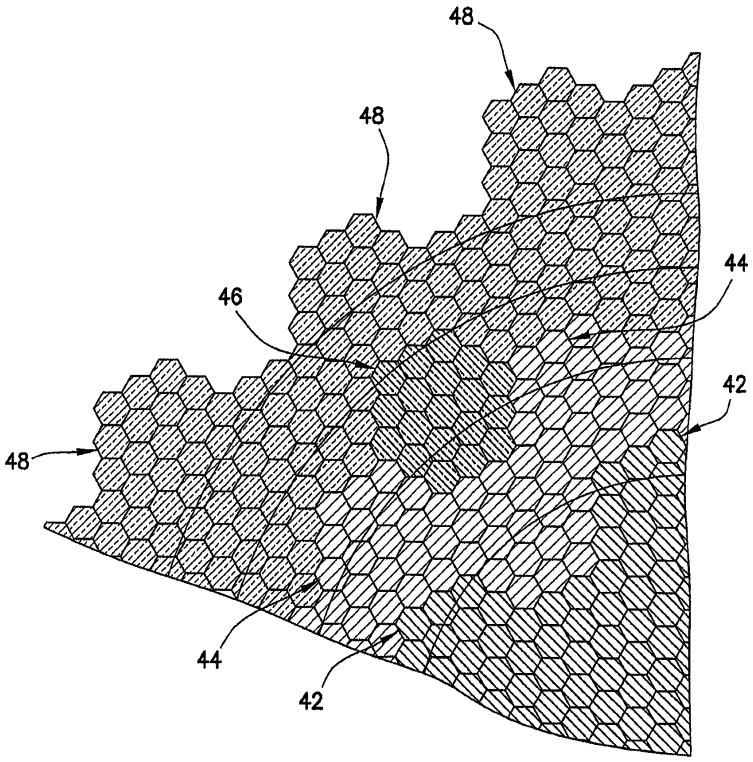
도면4



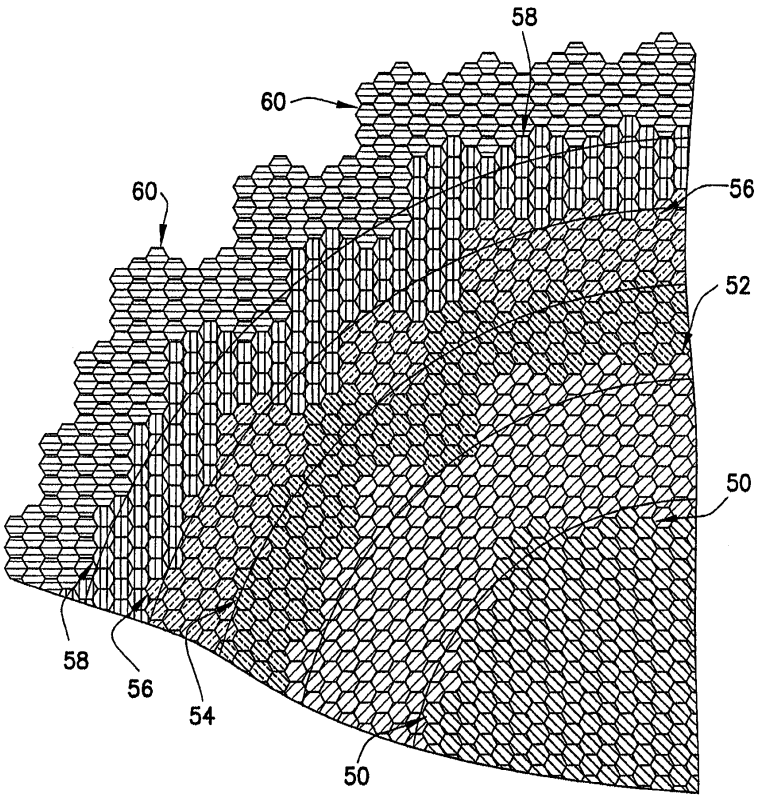
도면5



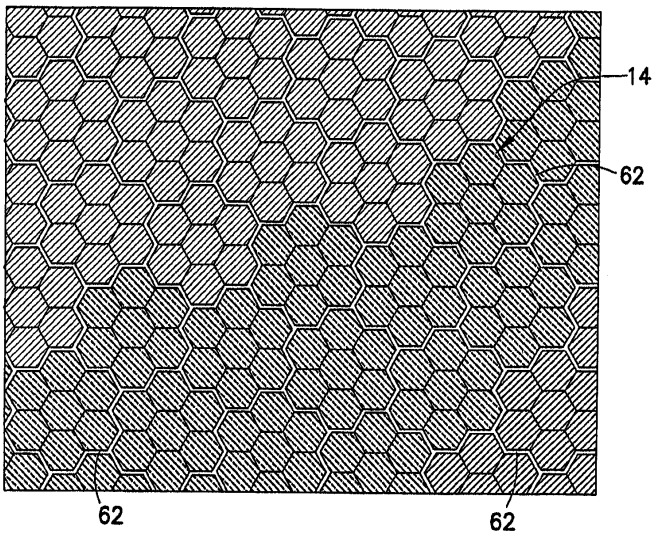
도면6



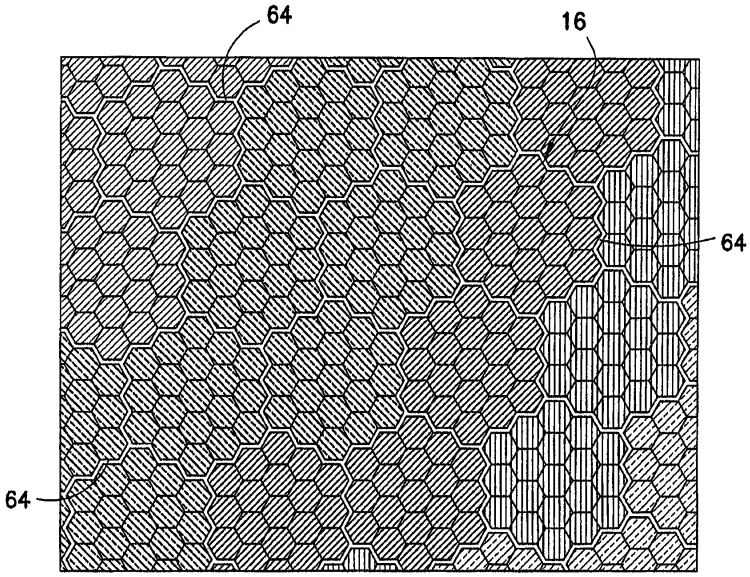
도면7



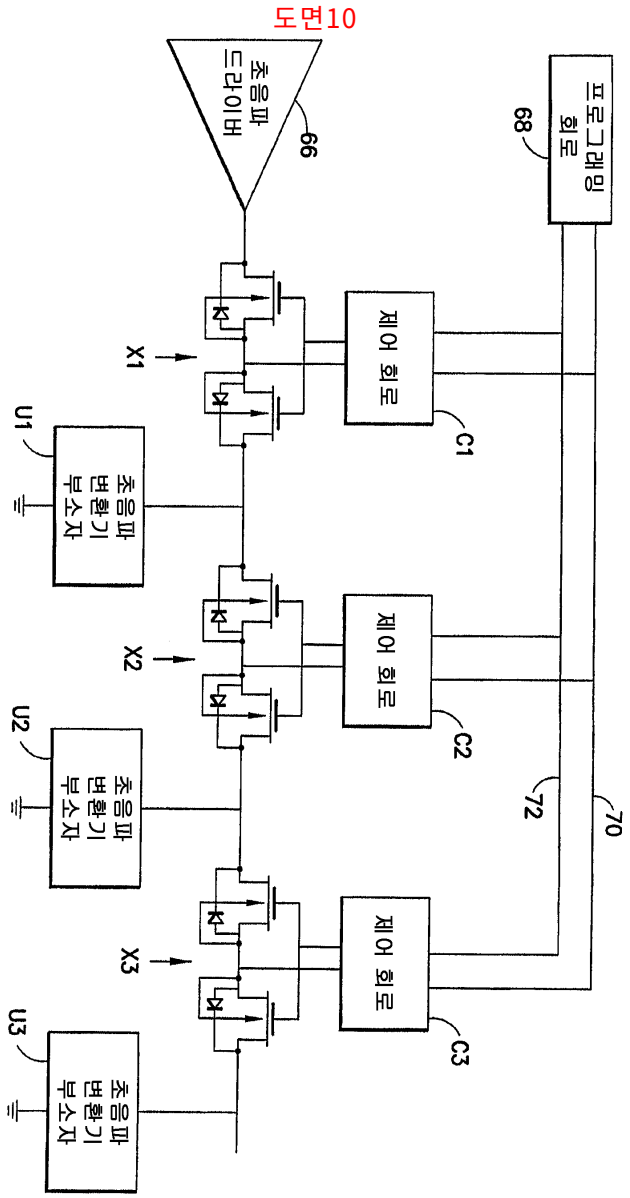
도면8



도면9



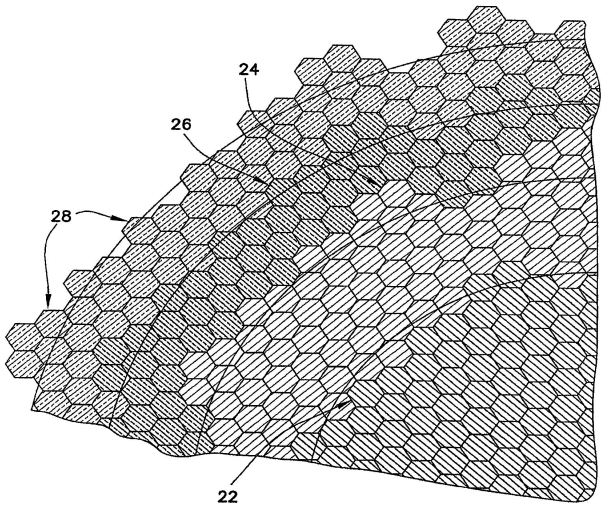
도면10


초음파 드라이버
66
프로그래밍 회로
68
제어 회로
C1
제어 회로
C2
제어 회로
C3
X1
X2
X3
초음파 변환기 부소자
U1
초음파 변환기 부소자
U2
초음파 변환기 부소자
U3
72
70

专利名称(译)	马赛克阵列，超声换能器阵列和超声换能器		
公开(公告)号	KR1020040078894A	公开(公告)日	2004-09-13
申请号	KR1020040014804	申请日	2004-03-05
[标]申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
当前申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
[标]发明人	THOMENIUS KAI 소메니우스카이 FISHER RAYETTEA 피셔레이예트에이 MILLS DAVIDM 밀스데이비드엠 WODNICKI ROBERTG 우드닉키로버트지 HAZARD CHRISTOPHERROBERT 하자드크리스토퍼로버트 SMITH LOWELLSCOTT 스미스로웰스코트		
发明人	소메니우스카이 피셔레이예트에이 밀스데이비드엠 우드닉키로버트지 하자드크리스토퍼로버트 스미스로웰스코트		
IPC分类号	B06B1/02 B06B1/06 H04R17/00 A61B8/00		
CPC分类号	B06B1/0292 E05B77/44 E05B81/60 E05B83/18 E05Y2900/548		
代理人(译)	张居正，KU SEONG		
优先权	10/383990 2003-03-06 US		
其他公开文献	KR101037819B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

超声换能器阵列包括超声换能器（MUT）单元（2），其包括与多个微电子开关（X1，X2，X3）互连的多个子元件（U1，U2，U3），并且其中每个子元件是多个小牛dehoner的微机械。特定子元件内的MUT单元在一起经历硬连线。为了形成多个同心循环装置，开关包括但是使用开关。复杂性大大降低，而这种设计使得能够集中到超声图像数据采集的仰角方向。


24
26
28
22