

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl. (11) 공개번호 10-2006-0071304
B81B 7/02 (2006.01) (43) 공개일자 2006년06월26일

(21) 출원번호 10-2005-0099035

(22) 출원일자 2005년10월20일

(30) 우선권주장 11/018,238 2004년12월21일 미국(US)

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

(72) 발명자 토메니우스 카이 에릭
미국 뉴욕주 12065 클립톤 파크 반 브란첸 로드 74
피셔 레이예트 앤
미국 뉴욕주 12309 니스카유나 버클리 애비뉴 2305
우드닉키 로버트 기드온
미국 뉴욕주 12309 니스카유나 도르월드트 불러바드 1509
하자드 크리스토퍼 로버트
미국 뉴욕주 12309 니스카유나 그랜드 불러바드 2121
스미스 로웰 스코트
미국 뉴욕주 12309 니스카유나 체웨어 플레이스 24
헤이더 브루노 한스
미국 뉴욕주 12019 볼스톤 레이크 웨스트사이드 드라이브 64
리그비 케네스 웨인
미국 뉴욕주 12065 클립톤 파크 레드 메이플 레인 4에이

(74) 대리인 김창세
장성구

심사청구 : 없음

(54) 재구성 가능한 센서용 장치 및 시스템

요약

본 발명은 마이크로머신 센서(예: 광, 열, 압력, 초음파 센서)의 재구성 가능한 선형 어레이에 관한 것이다. 재구성 가능성은 센서 구성요소(32)의 크기 및 간격이 빔 중심으로부터의 거리에 대한 함수일 수 있게 한다. 이 특징은 제한된 채널 수를 갖는 촬상 시스템에 대한 성능을 향상시킨다. 복수의 전송 초점 영역이 채택되는 애플리케이션에 있어서, 향상된 성능은 특정 깊이에 대해 개구를 조절하는 기능으로부터 기인한다.

대표도

도 15

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 전형적 cMUT 셀의 단면도를 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 선형 변환기 어레이의 서브 구성요소의 육각형 MUT 셀을 도시한 도면이다.

도 3은 cMUT 셀로부터 구성되는 변환기 구성요소의 1차원 또는 1.5차원 어레이를 포함하는 마이크로머신 구조의 등가도를 도시한 도면이다.

도 4는 선형 변환기 어레이의 증가하는 깊이에 따라 변하는 개구를 지나는 지연 프로파일(즉, 횡방향 거리)의 방식을 도시한 그래프이다.

도 5는 완전히 동적인 재구성 가능한 개구가 선형 변환기 어레이의 증가하는 깊이의 함수로서 성장하는 방식을 도시한 그래프이다.

도 6은 증가하는 깊이에 따라 성장하고 재구성되는 선형 변환기의 개구를 도시한 도면이다. 음영 부분은 각 시스템 채널에 접속되는 어레이 구성요소를 나타낸다.

도 7은 너비와 깊이가 변하는 구성요소를 갖는 선형 변환기 어레이의 개구를 도시한 도면이다. 빗금친 부분은 각 시스템 채널에 접속되는 어레이 구성요소를 나타낸다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따라 음향 서브 구성요소를 상호 및 시스템 채널에 접속시키는 다양한 스위치를 도시한 도면이다.

도 9는 변환기 어레이에 수직하며 어레이 활동 부분에 중심이 맞추어지는 빔에 대한 포인트에 초점이 맞추어지는 전형적 지연 프로파일을 도시한 그래프이다.

도 10은 도 9에 도시된 지연 프로파일을 갖는 변환기 어레이의 개구를 10개의 채널로 분할하는 일례를 도시한 그래프이다.

도 11은 도 10의 일례에 대한 동일한 범위에 기초하는 결과 양자화 지연 패턴의 일례를 도시한 그래프이다.

도 12-14는 복사 패턴의 시뮬레이션 결과를 도시한 그래프이다.

도 15는 공동 집적되는 cMUT와 ASCI(주문형 집적회로) 어레이의 단면도를 도시한 도면이다.

도 16은 ASIC 스위치 매트릭스에 접속되는 cMUT 웨이퍼의 단면도를 도시한 도면이다.

도 17은 미국 특허 출원 제 10/248,968 호에 앞서 개시된 바와 같은, 액세스 스위치와 이 액세스 스위치의 상태를 제어하는 회로를 도시한 도면이다.

도면을 참조하여 후술할 것인데 여러 도면에서 동일한 참조 번호는 유사한 구성요소를 가리킨다.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

32: cMUT 음향 서브 구성요소 50: 인터페이스 전자소자 셀

56: 비아 62: 음향 백킹층

66: 전도 패드

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

미국 정부는 미 육군에 의해 수여되는 U.S. Government contract Number DAMD 17-02-1-0181에 따라 본 발명의 소정 권리를 갖는다.

본 출원은 2003년도 3월 6일자로 출원된 "Mosaic Arrays Using Micromachined Ultrasound Transducers"라는 명칭의 미국 특허 출원 제 10/383,990 호의 일부 계속 출원(continuation-in-part)이며 이의 우선권을 주장한다.

본 발명은 대체적으로 재구성 가능한 (예: 광, 열, 압력, 초음파) 센서 어레이에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 재구성 가능한 MUT(micromachined ultrasonic transducer) 어레이에 관한 것이다. MUT용의 한 특정 애플리케이션은 의학용 진단 초음파 촬상 시스템이다. 다른 특정 예로는 주물(castings), 단조물(forgings) 또는 파이프라인과 같은 물질의 NDE(non-destructive evaluation)을 위한 것이다.

종래 초음파 촬상 시스템은 초음파 빔을 전송하고 피검체로부터 반사되는 빔을 수신하는 데 이용되는 초음파 변환기 어레이를 포함한다. 이러한 스캐닝은 초점이 맞추어진 초음파 파장이 전송되는 일련의 측정을 포함하며, 이 시스템은 소정의 단시간 간격 후에 수신 모드로 전환되고, 반사된 초음파 파장이 수신되어, 빔 형성되고 디스플레이를 위해 처리된다. 전형적으로, 각 측정 동안 전송 및 수신은 동일한 방향으로 초점이 맞추어져서 음향 빔 또는 스캔 라인을 따른 일련의 포인트로부터 데이터를 얻는다. 수신기는 반사된 초음파 파장이 수신됨에 따라 스캔 라인을 따라 연속적으로 다시 초점이 맞추어진 다.

초음파 촬상에 있어서, 전형적으로 어레이는 하나 이상의 열에 배열되어 전송시에 개별 전압으로 구동되는 복수의 변환기를 갖는다. 시간 지연(또는 위상) 및 인가 전압의 크기를 선택함으로써, 주어진 열의 개별 변환기는, 원하는 벡터 방향을 따라 이동하여 빔을 따라 선택되는 영역에 초점이 맞추어지는 순수 초음파 파장을 형성하도록 결합되는 초음파 파장을 발생 시키도록 제어될 수 있다.

변환기 프로브가 수신 모드에서 반사되는 음파를 수신하는 경우에 동일한 원리가 적용된다. 수신 변환기에서 발생하는 전압이 합해져서 순수 신호는 피검체의 단일 초점 영역으로부터 반사되는 초음파를 나타낸다. 전송 모드에 있어서, 개별 시간 지연(및/또는 위상 시프트) 및 이득을 각 수신 변환기로부터의 신호에 할당함으로써 초점이 맞추어진 초음파 에너지의 수신에 달성된다. 시간 지연은 복귀되는 신호의 깊이를 증가시킴으로써 조절되어 동적으로 수신 초점을 맞출 수 있다.

형성된 이미지의 화질 또는 해상도는 전송을 각각 구성하고 변환 어레이의 개구를 수용하는 변환기의 수에 대한 부분적인 함수이다. 따라서, 화질을 높이기 위해, 2차원 또는 3차원 촬상 애플리케이션용으로 다수의 변환기가 바람직하다. 전형적으로 초음파 변환기는, 변환기 신호를 처리하고 초음파 이미지를 발생시키는 전자 유닛으로의 연성 케이블에 의해 접속되는 소형(hand-held) 변환기 프로브에 위치된다. 변환기 프로브는 초음파 전송 회로와 초음파 수신 회로 모두를 지원할 수 있다.

재구성 가능한 초음파 어레이는 동적으로 서로 접속될 서브 구성요소 그룹을 가능하게 하여 결과 구성요소의 형상이 파장 전면의 형태와 일치될 수 있다. 이는 향상된 성능 및/또는 감소된 채널 수를 이끌어 낼 수 있다. 스위칭 네트워크를 이용하여 재구성 가능성이 달성될 수 있다.

MUT의 하나의 장점은 "마이크로머시닝(micromachining)"이라는 명칭 하에 그룹화되는 마이크로 제조 공정과 같은 반도체 제조 공정을 이용하여 구성될 수 있다는 점이다. 미국 특허 제 6,359,367 호에는 다음과 같이 설명되어 있다.

마이크로머시닝은 (A)패너팅 툴(일반적으로 프로젝션-정렬기 또는 웨이퍼-스테퍼와 같은 리소그래피), (B)PVD(물리 기상 증착), CVD(화학 기상 증착), LPCVD(저압 화학 기상 증착), PECVD(플라즈마 기상 증착)와 같은 증착 툴 및 (C)습식-화학 에칭, 플라즈마-에칭, 이온-밀링(ion-milling), 스퍼터링-에칭 또는 레이저 에칭과 같은 에칭 툴의 조합 또는 서브 세트를 이용하는 초소형 구조의 형성이다. 전형적으로 마이크로머시닝은 실리콘, 유리, 사파이어 또는 세라믹으로 구성되는 기관 또는 웨이퍼 상에서 수행된다. 이러한 기관은 일반적으로 매우 평평하고 부드러우며 인치(inches) 단위로 횡방향 치수를 갖는다. 통상적으로 이들은 프로세스 툴에서 프로세스 툴로 이동하며 카세트(cassettes)에서 그룹으로 처리된다. 각

기관은 유리하게는 그 많은 복사된 인공 음영(artifacts)을 포함할 수 있다. 2 종류의 고유한 마이크로머시닝이 존재하는데, 1)웨이퍼 또는 기관의 두께의 큰 부위가 스컬쳐링되는(sculptured) 벌크 마이크로머시닝과, 2)스컬쳐링이 일반적으로 표면에 제한되는, 특히, 표면 상의 얇은 증착된 필름에 제한되는 표면 스컬쳐링이 그것이다. 본 명세서에서 사용되는 마이크로머시닝 정의는 실리콘, 사파이어, 모든 종류의 유리 물질, (폴리이미드와 같은) 폴리머, 폴리실리콘, 실리콘 니트라이드, 실리콘 옥시니트라이드, 알루미늄 합금과 같은 얇은 필름 금속, 구리 합금과 텅스텐, SOG(spin-on-glasses), 주입 가능하거나 확산되는 불순물 및 실리콘 옥사이드와 니트라이드와 같은 성장 필름을 포함하는 종래 또는 주지의 마이크로머시닝 가능한 물질을 포함한다.

본 명세서에서도 마이크로머시닝의 동일한 정의를 채택한다. 이러한 마이크로머시닝으로부터 유도되는 시스템을 전형적으로 "MEMS(micromachined electromechanical systems)라 한다.

통상적으로 cMUT는 서로를 지나 연장되는 막(membrane)을 갖는 육각형 구조이다. 이 막은 인가 전압에 의해 기관 표면에 근접하여 유지된다. 이미 바이어싱된 cMUT에 진동하는(oscillatory) 신호를 인가함으로써, 이 막은 진동될 수 있으므로, 음향 에너지를 방출할 수 있다. 이와 유사하게, 음향 파장이 막에 입사되어 결과 진동이 cMUT 상의 전압이 변함에 따라 검출될 수 있다. cMUT 셀이라는 용어는 이들 육각형 "드럼(drum)" 구조 중 하나를 설명하는 데 이용된다. cMUT 구조는 매우 소형의 구조일 수 있다. 전형적 셀 치수는 육각형 상의 평평한 에지 사이가 25-50 마이크로미터이다. 셀의 치수는 지정되는 음향 응답에 의해 많은 방식으로 규정된다. 원하는 주파수 응답 및 감도의 관점에서, 더 큰 셀이 여전히 잘 기능하는 것은 가능하지 않을 수 있다.

이러한 소형 셀에 대한 개별 제어가 가능한 전자 소자를 제조하는 것은 난해하다. 어레이 전체의 음향 성능의 관점에서, 소형 셀의 크기는 우수하며, 뛰어난 유연성을 유도하지만, 더 큰 구조에 대한 제어는 제한된다. 다수의 셀을 그룹화하고 이들을 전기 접속시키는 것은 더 큰 서브 구성요소를 구성할 수 있는데, 이는 원하는 음향 응답을 유지하며 개별 제어가 가능하다. 그래서 서브 구성요소는 재구성될 수 없는 전기 접속되는 셀의 그룹이다. 이 명세서의 목적에 있어서, 서브 소자는 독립적으로 제어되는 최소형 음향 유닛이다. 스위칭 네트워크를 이용하여 서브 구성요소를 함께 접속시킴으로써 구성요소를 구성할 수 있다. 이 구성요소는 스위칭 네트워크의 상태를 변경시킴으로써 재구성될 수 있다. 그러나, 서브 구성요소는 스위칭 가능하게 접속 해제될 수 있지 않은 접속되는 셀을 포함하므로 재구성될 수 없다.

초음파 시스템에서의 최근 경향은 보다 소형이며 보다 휴대하기 좋은 장치를 지향한다. 아마도 소형의 손바닥 크기의 초음파 시스템이 외과의사의 기본적 장비인 청진기를 대체하는 날이 올 것이다. 이러한 소형 초음파 시스템을 구현하기 위해, 빔 형성 채널 수를 감소시키는 것이 필수적이다. 기본적 문제점은 시스템 채널 수를 감소시키며 적합한 빔 형성 성능(해상도 및 콘트라스트)을 유지하는 것이다. 해상도를 유지하기 위해, 개구가 감소되어서는 안된다. 이는 표준 어레이에 있어서 채널 수가 증가하는 개구 크기와 함께 증가하거나 그들 사이의 간격이 증가되어야 함을 의미한다. 표준 어레이에 있어서, 간격 증가는 거친(coarse) 단계(약 한 파장)에 제한된다. 어레이를 지나 균일한 방식으로 단계 크기를 증가시키는 것은 격자 로브(grating lobes)를 초래하며, 이는 바람직하지 못하다.

현재의 모든 초음파 선형 어레이 프로브는 일정한 피치(pitch)를 갖는다. 채널 수 감소는 통상적으로 개구의 포기 또는 격자 로브의 허용을 의미한다. 격자 로브 없이 채널 수를 감소시키는 하나의 방법은 빔 형성이 폴딩(beamformer folding)이다. 선형 어레이에 있어서, 빔 중심의 양측 상의 지연은 대칭적이다. 이는 이들 대칭적 구성요소를 동일한 시스템 채널로 접속시키는 다중화 방안을 허용함으로써 채널을 약 1.5배 감소시키는 것을 의미한다. 그러나, 이 다중화 방안은 많은 수의 시스템 채널을 위해 매우 복잡해질 수 있다. 또한, 현재의 다중화 방안은 안전한 재구성 가능성을 제공하지 못하는데, 왜냐하면 이들은 고정 위치의 비교적 큰 크기의 구성요소에 한정되기 때문이다. 채널 수를 증가시키는 데 사용될 수 있는 다른 방안은 통합(synthetic) 개구 방안의 사용이다. 여기서 더 큰 개구가 다수의 전송에 관해 구성된다. 이는 채널 수를 현저하게 감소시킬 수 있지만, 신호 대 잡음비도 감소되며 다수의 점화(firings) 요구조건으로 인해 프레임 레이트가 손실된다. 또한, 모션이 통합 개구 이미지의 인공 음영을 유도할 수 있다.

개구 수를 유지하며 격자 로브를 갖지 않는 채널 수가 감소된 시스템이 필요하다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 재구성 가능한 마이크로머신 센서(예: 광, 열, 압력, 초음파)의 선형 어레이를 제공한다. 이 재구성 가능성은 센서 구성요소의 크기 및 간격이 빔 중심으로부터의 거리에 대한 함수이도록 한다. 이 특징은 제한된 채널 수를 갖는 촬상 시스템에 대한 성능을 향상시킨다. 복수의 전송 초점 영역이 채택되는 애플리케이션에 있어서, 향상된 성능은 특정 깊이에 대한 개구를 조절하는 기능으로부터 기인한다.

본 발명의 하나의 양태에 따른 장치는, 행을 형성하는 라인을 따라 나란한 관계로 배치되는 복수의 센서 서브 구성요소 - 센서 구성요소 각각은 대략 직사각형 영역을 차지하는 각 복수의 마이크로머신 전기-기계 소자를 포함하고, 마이크로머신 전기-기계 소자 각각은 각 제 1 전극을 포함하되, 임의의 특정 센서 서브 구성요소를 구성하는 마이크로머신 전기-기계 소자의 상기 제 1 전극은 서로 전기 접속되며 서로 스위칭 가능하게 접속 해제될 수 없음 - 와, 복수의 전기 전도 액세스 라인과, 복수의 액세스 스위치 - 액세스 스위치 각각은 액세스 스위치가 턴 온되면 센서 서브 구성요소 중 각각의 하나를 액세스 라인 중 하나에 접속시킴 - 와, 복수의 매트릭스 스위치 - 매트릭스 스위치 각각은 매트릭스 스위치가 턴 온되면 센서 서브 구성요소 중 각각의 하나를 센서 서브 구성요소 중 각각의 인접하는 하나에 접속시킴 - 와, 복수의 스위치 상태 제어 회로 - 스위치 상태 제어 회로 각각은 액세스 스위치 중 각각의 하나 및 매트릭스 스위치 중 각각의 하나의 상태를 제어함 - 와, 각 개구에 대응하는 선택된 스위치 구성에 따라 스위치 상태 제어 회로를 프로그래밍하기 위해 전기 접속되는 프로그래밍 회로를 포함한다.

본 발명의 다른 양태에 따른 소자는, 제 1 층의 행을 형성하는 라인을 따라 나란한 관계로 배치되는 복수의 대략 직사각형 마이크로머신 센서 서브 구성요소와, 제 1 층 아래에 배치되어 고정되는 제 2 층의 행을 형성하는 라인을 따라 나란한 관계로 배치되는 복수의 인터페이스 전자소자 셀 - 각 인터페이스 전자소자 셀은 각 센서 서브 구성요소 아래에 배치됨 - 과, 복수의 전기 접속부 - 전기 접속부 각각은 인터페이스 전자소자 셀 중 각각의 하나를 센서 서브 구성요소 중 각각의 하나에 전기 접속시킴 - 와, 복수의 전기 전도 액세스 라인을 포함하는데, 유닛 전자소자 셀 각각은, 액세스 스위치가 턴 온되면 각 센서 서브 구성요소를 액세스 라인 중 하나에 전기 접속시키는 액세스 스위치와, 매트릭스 스위치가 턴 온되면 센서 서브 구성요소 중 각각의 인접하는 하나를 각 센서 서브 구성요소에 전기 접속시키는 매트릭스 스위치와, 액세스 및 매트릭스 스위치의 상태를 제어하는 스위치 상태 제어 회로를 포함한다.

본 발명의 또 다른 양태에 따른 시스템은, 대략 직사각형인 활성 영역을 각각 갖는 초음파 변환기 서브 구성요소의 선형 어레이와, 상기 매트릭스 스위치가 선택적으로 턴 온되면, 초음파 변환기 서브 구성요소를 서로 선택적으로 전기 접속시켜 초음파 변환기 구성요소를 형성하는 복수의 매트릭스 스위치(36)와, 선형 어레이에 실질적으로 평행하게 흐르는 복수의 전기 전도 액세스 라인과, 액세스 스위치가 선택적으로 턴 온되면, 초음파 변환기 구성요소를 액세스 라인에 선택적으로 전기 접속시키도록 배치되는 복수의 액세스 스위치와, 복수의 시스템 채널(58)과, 액세스 라인 각각이 다중화기를 통해 시스템 채널 중 각각의 하나에 전기 접속되는 상태를 갖는 다중화기를 포함하는데, 초음파 변환기 서브 구성요소 각각은 전기 접속되며 스위칭 가능하게 접속 해제될 수 있지 않은 각각의 복수의 cMUT 셀을 포함한다.

본 발명의 또 다른 양태에 따른 시스템은, 대략 직사각형인 활성 영역을 각각 갖는 초음파 변환기 서브 구성요소의 선형 어레이와, 복수의 액세스 라인과, 선택된 초음파 변환기 서브 구성요소를 서로 전기 접속시켜서 초음파 변환기 구성요소를 형성하는 제 1 스위치 세트와, 초음파 변환기 구성요소를 선택된 액세스 라인에 전기 접속시키는 제 2 스위치 세트를 포함하는 스위칭 네트워크 - 제 1 및 제 2 스위치 세트는 스위칭 구성에 따라 설정되어 개구를 형성하고, 개구를 형성하는 초음파 변환기 구성요소의 피치와 너비는 상기 선형 어레이를 지나 변함 - 를 포함한다.

본 발명은 다른 양태를 후술할 것이다.

발명의 구성 및 작용

본 발명은 빔 중심으로부터의 거리에 대한 함수인 센서의 관련 선형 어레이의 크기 및 간격을 변경하는 데 이용될 수 있는 재구성 가능한 스위칭 매트릭스를 제공한다. 도시를 위해, 이 재구성 가능한 선형 어레이는 용량성 마이크로머신 초음파 변환기(cMUT)를 참조하여 설명할 것이다. 그러나, 본 명세서에 설명되는 본 발명의 양태는 cMUT를 채택하는 프로브에 한정되지 않으며 pMUT를 채택하는 프로브에도 적용될 수 있음을 이해해야 한다. 또한, 본 발명의 동일한 양태는 마이크로머신 광, 열 또는 압력 센서의 재구성 가능한 어레이에도 적용된다.

도 1을 참조하면, 전형적 cMUT 변환기 셀(2)의 단면도가 도시되어 있다. 이러한 cMUT 변환기 셀의 어레이는 전형적으로 기관(4) 상에 제조되며, 이는 질계 도핑된 실리콘(따라서, 반도체성) 웨이퍼이다. 각 cMUT 변환기 셀에 있어서, 실리콘 니트라이드로 구성될 수 있는 얇은 막(membrane or diaphragm, 8)이 기관(4) 위에 떠 있다. 이 막(8)은 실리콘 옥사이드 또는 실리콘 니트라이드로 구성될 수 있는 절연 지지부(6)에 의해 그 주변이 지지된다. 막(8)과 기관(4) 사이의 캐비티(14)는 공기 또는 가스로 채워지거나 전체적 또는 부분적으로 진공일 수 있다. 전형적으로, cMUT는 공정에서 허용하는 한 최대한 완전하게 진공 상태가 된다. 알루미늄 합금 또는 기타 적합한 전도성 물질과 같은 전도성 물질의 필름 또는 층은 막(8) 상에 전극(12)을 형성하며, 전도성 물질로 구성되는 다른 필름 또는 층은 기관(4) 상에 전극(10)을 형성한다. 이와 달리, 하부 전극은 반도체 기관(4)의 적합한 도핑에 의해 형성될 수 있다.

캐비티(14)에 의해 분리되는 2개의 전극(10,12)은 캐패시턴스를 형성한다. 충돌하는 음향 신호가 막(8)을 진동시키면, 관련 전자소자(도 1에서는 도시 생략)를 이용하여 캐패시턴스의 진동이 검출될 수 있어서, 음향 신호를 전기 신호로 변환할 수 있다. 역으로, 전극 중 하나에 인가되는 AC 신호는 전극 상의 전하를 변화시킬 것인데, 이는 결국 전극들 사이의 용량성 힘의 변화를 초래하며, 후자는 막이 이동하게 하여 음향 신호를 전송한다.

개별 셀은 원형, 직사각형, 육각형 또는 기타 형상을 가질 수 있다. 육각형 형상은 변환기 서브 구성요소의 cMUT 셀의 조밀한 패키징을 제공한다. cMUT 셀은 다른 치수를 가질 수 있어서 변환기 소브 구성요소는 상이한 셀 크기의 절충적 특성을 가질 것이고, 변환기에 광대역 특성을 제공한다.

불행히도, 이러한 소형 셀에 대한 개별 제어가 가능한 전자소자를 제조하는 것은 난해하다. 어레이 전체의 음향 성능의 관점에서는 소형 셀 크기는 우수하며 뛰어난 유연성을 제공하지만, 더 큰 구조에 대한 제어는 제한된다. 다수의 셀을 그룹화하고 이들을 전기 접속시키는 것은 더 큰 서브 구성요소를 구성할 수 있는데, 이는 원하는 음향 응답을 유지하며 개별 제어가 가능하다. 스위칭 네트워크를 이용하여 서브 구성요소를 함께 접속시킴으로써 링 또는 구성요소를 형성할 수 있다. 이 구성요소는 스위칭 네트워크의 상태를 변경시킴으로써 재구성될 수 있다. 그러나, 개별 서브 구성요소는 재구성될 수 없어서 상이한 구성요소를 형성할 수 없다.

cMUT 셀은 미국 특허 제 6,571,445 호에 개시된 제조 기술을 이용하여 마이크로머신 공정에서 함께 접속되어 서브 구성요소를 형성할 수 있다. 따라서, 이 MUT 셀은 스위치를 방해하지 않고 접속된다(즉, 이 MUT 셀은 서로 스위칭 가능하게 접속 해제 가능할 수 없다). "음향 서브 구성요소"라는 용어는 클러스터(cluster)를 설명하기 위해 후술하는 바에 이용될 것이다. 이들 음향 서브 구성요소는 결국 마이크로전자 스위치에 의해 상호 접속되어 변환기 어레이 바로 주변에 위치되는 실리콘 층 내 또는 상이한 기판 상의 그러한 스위치를 배치함으로써 더 큰 구성요소를 형성할 것이다.

본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "음향적 서브 구성요소"라는 용어는 재구성될 수 없는 전기 접속되는 단일 셀 또는 셀의 그룹인데, 즉, 이 서브 구성요소는 독립적으로 제어되는 최소의 음향 유닛이다. "서브 구성요소"라는 용어는 음향 서브 구성요소 및 그 관련 집적된 전자소자를 의미한다. "구성요소"는 스위칭 네트워크를 이용하여 서브 구성요소를 함께 접속시킴으로써 형성된다. 이 구성요소는 스위칭 네트워크의 상태를 변경시킴으로써 재구성될 수 있다. 스위칭 네트워크에 포함되는 스위치의 적어도 일부는, 상세히 후술할 바와 같이, "관련 집적 전자소자"의 일부이다.

미국 특허 출원 제 10/383,990 호에 개시된 바와 같이, 변환기 구성요소는 육각형 cMUT 셀 그룹을 상호 접속시킴으로써 형성될 수 있다. 이 서브 구성요소의 각 cMUT 셀의 상부 전극을 스위칭 가능하게 접속해제될 수 있지 않은 접속에 의해 함께 전기 접속된다. 육각형 어레이의 경우, 6개의 전도체는 상부 전극(도시 생략)으로부터 바깥으로 뻗어지며 인접 cMUT 셀의 상부 전극에 각각 접속된다(6개가 아닌 3개의 다른 셀에 접속되는 주변의 셀의 경우는 제외). 이와 유사하게, 서브 구성요소의 각 셀의 하부 전극은 스위칭 가능하게 접속 해제될 수 있지 않은 접속에 의해 함께 전기 접속된다. 셀(2)의 5개의 열을 갖는 하나의 서브 구성요소(16)의 일부가 도 2에 도시되어 있는데, 이 열은 주어진 서브 구성요소 크기를 채우기 위해 필요한 만큼 연장된다. 이와 달리, 선형 어레이는 cMUT 셀의 5개 이상 또는 이하의 열을 포함하는 서브 구성요소를 갖도록 구성될 수 있다.

cMUT 셀로 구성되는 구성요소의 선형 어레이를 위한 설계가 도 3에 대체적으로 도시되어 있다. 이 예에서, 복수의 cMUT 셀은 마이크로머시닝 기술을 이용하여 CMOS 웨이퍼(18) 상에 배치된다. cMUT 셀은 방위각 방향으로 배열되는 초음파 변환기 구성요소(20)의 단일 행을 형성하는데, 각 구성요소(20)는 나란히 배열되는 구성요소를 이용하여 대략 직사각형인 영역을 덮는다. 각 구성요소(20)의 cMUT 셀은 병렬로 접속된다. 각 구성요소(20)는 100 내지 1000개(즉, 주어진 서브 구성요소 크기를 채우기 위해 필요한 임의의 수)의 cMUT 셀을 포함할 수 있다. 예를 들어, 서브 구성요소는 6개의 열에 배열되는 복수의 육각형 셀을 포함할 수 있는데, 각 열은 약 100개의 셀을 가지며, 대체로 상승하는 방향으로 배열된다. 서브 구성요소의 cMUT 셀 모두는 함께 공진하여(resonate) 초음파 파장 머리(wavefront)를 발생시킨다. 결국, 이들 서브 구성요소는 스위칭 가능하게 접속되어 크기 및 간격이 변하는 변환기 구성요소를 형성할 수 있다.

1.5 차원 변환기 어레이를 제공하기 위해, 일반적으로 각 직사각형 영역은 도 3에서 점선으로 표시된 바와 같이 3개의 대략 직사각형인 서브 영역(22,24,26)으로 분할될 수 있다. 서브 영역(22,26)의 길이는 동일하며 전형적으로(반드시 그렇지 않음) 중심 서브 영역(24)의 길이보다 작다. 이 다른 실시예에서는, 서브 영역(22)의 cMUT 셀은 상호 접속되며 서로 스위칭 가능하게 접속 해제될 수 없으며, 서브 영역(24)의 cMUT 셀은 상호 접속되며 서로 스위칭 가능하게 접속 해제될 수 없으며, 서브 영역(26)의 cMUT 셀은 상호 접속되며 서로 스위칭 가능하게 접속 해제될 수 없으므로, 각 열에 3개의 서브 구성요소를 형성한다. 이 경우, 서브 영역(22,26)의 cMUT 셀은 바람직하게는 전송 동안 동시에 활성화되지만, 어떤 구성에서 이들은 독립적일 수 있다.

자연적으로, 전술한 원리는 3개 이상의 변환기 구성요소의 행을 갖는 프로브를 구성하는 데 추정될 수 있다.

본 명세서에 개시된 본 발명은 채널 수 감소 수단으로서 재구성 가능성을 이용한다. 재구성 가능성은 다른 것을 의미할 수도 있다. 완전히 재구성 가능한 어레이는 2차원 어레이로부터의 임의의 서브 구성요소를 임의의 시스템 채널에 접속시키는 기능을 갖는다. 하위 2차원 어레이는 현재 변환기 어레이와 마찬가지로 전체 차원을 가질 수 있거나, 현재 어레이보다 큰 상승 차원을 가질 수 있다. 또한, 재구성 가능하다는 것은 소브 구성요소로부터 시스템 채널로의 이 맵핑이 동적으로 변할 수 있다는 것을 의미한다. 예를 들어, 이미지의 각 빔에 대해 또는 각 초점 깊이에 대해 어레이를 재구성하기 원할 수 있다. 또는, 전송 및 수신에 따라 상이한 구성을 원할 수 있다. 이 기술을 훨씬 더 적용하기 원하는 경우, 수신 동안 깊이에 대한 함수로서 구성을 연속적으로 변경할 수 있다. 실제로, 재구성 가능성의 제공은 도전일 수 있는데, 특히 전술한 동적 수신 재구성 가능성이 그렇다. 결과적으로, 재구성 가능성의 보다 제한된 경우를 다루는 것이 바람직하다.

도 4는 선형 변환기 어레이의 증가하는 깊이에 따라 개구를 지나는 지연 프로파일이 변하는 방식을 도시하고 있다. 가까운 필드에서는(즉, 얇은 깊이에서는), 개구 중심으로 바깥으로, 에지를 향해 이동함에 따라 지연이 급격히 변한다. 깊이가 증가함에 따라, 지연 프로파일은 평평해지며 개구 중심으로부터 에지로의 변화는 보다 점진적이 된다(즉, 변화가 더 작아진다).

도 5는 증가하는 깊이에 대한 함수로서 완전히 동적으로 재구성 가능한 개구가 성장하는 방식을 도시하고 있다. 여기서 재구성 가능성은 방위각 차원으로 제한되었다. 중심의 2개의 라인은 중심 구성요소의 경계를 나타낸다. 모든 5번째 구성요소가 도시되었다. 이 종류의 재구성 가능성은 가장 큰 장점을 지니는데, 가까운 필드에서 작은 개구에도 불구하고 모든 채널이 이용될 수 있기 때문이며, 지연 에러가 큰 채널을 단순히 차단하는 것과 대조된다. 이 구성요소는 깊이가 증가함에 따라 연장된다. 재구성 가능성은 깊이가 증가함에 따라 지연 프로파일이 평평해진다는 장점을 갖는다. 이는 개별 구성요소가 이들 구성요소를 지나는 지연의 증가 없이 증가하는 깊이에 따라 성장할 수 있다는 것을 의미한다. 재구성 가능성 없이, 이 구성요소의 크기는, 가장 얇은 활상 깊이에 대해, 개구의 외부 에지에서의 요구되는 샘플링에 의해 결정될 것이다. 이는 구성요소를 지나는 동일한 지연 에러를 얻는다는 것을 의미하며, 보다 많은 채널이 필요하다. 그러나, 어레이가 구성요소의 크기 및 피치를 동적으로 변경할 수 있으면, 깊이-독립적 지연 곡선의 장점을 지니도록 구성될 수 있다.

선형 어레이 재구성 가능성의 이상적 구현은 깊이에 대한 함수로서 동적으로 변하는 구성을 가능하게 할 것이다. 이 재구성 가능성은 많은 분리된 단계에서 발생할 것이다. 이 종류의 재구성 가능성은 실제로 잡음이 없는 구성들 사이의 매우 고속의 스위칭을 요구한다. 특수하게 혼합된 아날로그 및 디지털 회로가 요구될 것이다.

스위치 상태의 신속하고, 저전력이며, 저잡음 재구성은 제공하기 위해, 라인에 대한 모든 기피 구성의 부분적 버퍼링이 사용될 수 있다. 예를 들어, 각 라인에 대해 10개에 이르는 상이한 깊이 영역이 요구되는 집적 재구성 가능한 선형 스위칭 어레이에서, 주어진 라인이 활상되기 전에, 스위치에 대한 모든 10개의 버퍼가 로딩될 것이다. 라인 활상 동안, 각 깊이 전송에서, 각 버퍼로부터의 데이터는 주어진 스위치에 대해 선택될 것이다.

디지털 잡음은 공유되는 기관 및 입력 패드를 통해 접속시킴으로써 민감한 아날로그 회로에 접속된다. 데이터를 부분적으로 저장함으로써, 이 효과로 인해 접속하는 잡음은 감소된다. 또한, 부분적으로 버퍼링되는 데이터는 프로브 제어 전자소자 또는 시스템 전자소자로부터의 거리가 아닌 짧은 온-칩 거리로 전송되므로 이 기술은 전력 절감 및 전송 속도 증가를 이끌어 낸다. 깊이에 따라 변하는 각 구성에 대해 변하는 이들 스위치만을 다시 프로그래밍함으로써 전력을 더 절감할 수 있다.

저전력 시스템에서 사용되는 선형 재구성 가능한 어레이에서는, 한 개구로부터 다음 개구로 이동하는 경우에 스위치 변경수를 최소로 하는 것이 바람직하다. 각 구성요소의 각 개별 제어 회로 내의 부분적 메모리를 유지함으로써 스위치 변경의 수가 최소화될 수 있다. 활상 시퀀스의 초기에 개시 패턴이 구성요소에 기록된다. 도 6은 증가하는 깊이에 따라 성장하고 재구성되는 개구를 도시하고 있다. 음영 영역은 각 액세스 스위치를 통해 시스템 채널에 접속되는 어레이 구성요소를 나타내고 있다. 도 6에 도시된 패턴이 성장함에 따라, 채널 맵핑은 중심으로부터 이동하며 각 전송 상태에서 약간 성장한다. 패턴의 이 변화는 기존 패턴을(어레이 좌측 절반은 좌측으로, 우측 절반은 우측으로) 이동시키며 동시에 패턴이 성장함에 따라 조절하기 위해 다시 프로그래밍될 필요가 있는 이들 액세스 및 매트릭스 스위치만을 다시 프로그래밍함으로써 효율적으로 달성될 수 있다. 잡음 성능을 향상시키기 위해, 스위치 상태는 버퍼링될 수 있으며, 다음 상태 조절이 전체 이용 가능한 프로그래밍 시간에 걸쳐 확산된다.

다른 구현은 수신 동안의 재구성 가능성을 허용하지 않지만, 대신 필드 깊이를 복수의 초점 영역으로 나눌 것이다. 각 영역에 대해 상이한 전송 및 수신 사이클이 요구될 것이므로, 이 구현은 프레임 레이트가 중요하지 않거나 활상 깊이가 크지 않

은 경우로 제한될 것이다. 영역 각각에 있어서, 특정 초점 영역에 대해 구성요소 크기 및 분산을 최적화하려는 새로운 구성이 존재할 것이다. 이 복수의 영역 접근 방안은 단일 수신기의 깊이를 따르는 재구성을 허용하는 방식으로 재구성 가능성을 구현할 필요 없이 가까운 필드에서 모든 채널을 이용한다는 장점을 제공한다. 도 6은 특정 영역에 대해 또는 더 동적인 방식으로 구성요소가 깊이에 따라 재조직화될 방식을 도시하고 있다.

도 7에 도시된 바와 같이, 구성요소의 너비는 매트릭스 스위치(도 7에서는 도시 생략)에 의해 상호 접속된 인접 음향 서브 구성요소의 수에 의해 결정된다. 구성요소의 위치는 상호 접속되는 인접 음향 서브 구성요소에 의해 결정된다. 도 7에 도시된 개구는 3개의 인접 음향 서브 구성요소를 상호 접속시킴으로써 형성되는 구성요소(40)와, 2개의 인접 음향 서브 구성요소를 상호 접속시킴으로써 형성되는 구성요소(42)를 포함하는데, 구성요소(42)는 2개의 접속 해제된 음향 서브 구성요소에 의해 구성요소(40)로부터 분리되며, 2개의 인접 음향 서브 구성요소(44)를 상호 접속시킴으로써 형성되는 구성요소(46)를 포함하는데, 구성요소(46)는 1개의 접속 해제된 음향 서브 구성요소(48)에 의해 구성요소(42)로부터 분리되는 등의 방식이다.

1차원 어레이에 있어서, 임의의 또는 다수의 시스템 채널에 선택적으로 접속될 수 있는 MUT 셀의 얇은 열을 변경할 수 있다면 크기 및 형상의 재구성 가능성을 가질 수 있다. 각 열은 각 음향 서브 구성요소를 형성하는 각 복수의 (스위칭 가능하게 접속 해제될 수 없는) 상호 접속된 MUT 셀을 포함한다. 특정 시스템 채널에 접속되는 하나 이상의 음향 서브 구성요소로서 정의되는 각 구성요소는 적합한 음향 서브 구성요소(즉, MUT 셀의 열)를 서로 접속시키고 시스템 채널을 접속된 음향 서브 구성요소의 그룹에 접속시킴으로써 형성된다.

본 발명의 일실시예에 다른 선형 어레이의 변환기 구성요소의 행의 일부가 도 8에 도시되어 있다. 어레이의 각 구성요소는 각 음향 서브 구성요소 및 각 스위칭 네트워크를 포함한다. 스위칭 네트워크는 관련 음향 서브 구성요소를 액세스 라인에 접속시키는 액세스 스위치와 관련 음향 서브 구성요소를 인접 음향 서브 구성요소에 접속시키는 매트릭스 스위치를 포함한다. 도 8은 3개의 음향 서브 구성요소(32a, 32b, 32c)를 도시하고 있는데, 이들은 각 액세스 스위치(30a, 30b, 30c), 각 액세스 라인(34a, 34b, 34c) 및 다중화기(28)에 의해 선택된 시스템 채널(58)에 각각 스위칭 가능하게 접속될 수 있다. 또한, 도 8은 선택된 음향 서브 구성요소를 서로 전기 접속시키는 3개의 매트릭스 스위치(36a, 36b, 36c)를 도시하고 있다. 이는 단일 구성요소를 형성하도록 접속되는 임의의 수의 음향 서브 구성요소를 허용한다. 예를 들어, 매트릭스 스위치(36a)는 음향 서브 구성요소(32a, 32b)를 서로 접속시키도록 근접할 수 있으며, 이와 유사하게, 매트릭스 스위치(36b)는 음향 서브 구성요소(32b, 32c)를 서로 접속시키도록 근접할 수 있다. 매트릭스 스위치(36a, 36b)는 음향 서브 구성요소(32a, 32b, 32c)를 서로 접속시키도록 동시에 근접할 수 있다. 이와 유사하게, 매트릭스 스위치(36c)는 다음 음향 서브 구성요소(도 8에서는 도시 생략)를 음향 서브 구성요소(32c)에 접속시키도록 근접할 수 있다. 그 후, 결과 구성요소는 각 액세스 스위치에 의해 다중화기(28)에 접속된다. 구체적으로 어느 액세스 스위치가 선택되는지는 특정 스위치 구성에 의존한다. 예를 들어, 음향 서브 구성요소(32a, 32b)가 폐쇄된 매트릭스 스위치(36a)를 통해 서로 접속되는 경우, 결과 구성요소는 액세스 스위치(30a) 또는 액세스 스위치(30b)를 통해 다중화기(28)에 접속될 수 있다. 이 원리를 추정하면, 음향 서브 구성요소(32a, 32b, 32c)는 폐쇄된 매트릭스 스위치(36a, 36b)를 통해 서로 접속되는 경우, 결과 구성요소는 액세스 스위치(30a, 30b, 30c) 중 하나를 통해 다중화기(28)에 접속될 수 있다. 다중화기(28)의 상태는 각 구성요소가 어느 시스템 채널(58)에 접속될지를 결정한다. 다중화기는 음향 서브 구성요소의 행(들)의 풋프린트(foot print) 외부의 가장자리 영역에 배치될 수 있다(도 7 참조). 시스템 채널(58)은 초음파 촬상 시스템의 빔 형성기(38)에 획득된 음향 데이터를 전송한다. 오퍼레이터 인터페이스, 호스트 컴퓨터, 이미지 프로세서, 스캔 프로세서, 비디오 프로세서, 디스플레이 모니터 등과 같은 전형적 초음파 및 이미지 시스템의 주지의 기타 구성요소는 도 8에 도시되어 있지 않다.

도 8에 도시된 바와 같이, 다중 액세스 라인은 음향 서브 구성요소의 행마다 사용될 수 있다. 액세스 스위치는 도 8에 도시된 바와 같이 스테거링되어(staggered) 주어진 수의 액세스 라인에 대해 요구되는 수를 감소시킨다. 버스 라인(도시 생략)에 대한 액세스 스위치의 무작위 순서도 반복되는 패턴으로 인한 인공 음영을 감소시키기 위해 채택될 수 있다. 각 서브 구성요소의 하나 이상의 액세스 스위치가 어레이 유연성을 향상시키는 데 이용될 수 있다. 이러한 아키텍처에서, 유연성과 서브 구성요소당 액세스 스위치의 수 사이의 교환(tradeoff)이 이루어지는데 이 수는 액세스 라인 및 시스템 채널의 수보다 현저하게 적을 것이다. 또한, 각 구성요소의 액세스 라인당 하나 이상의 액세스 스위치를 이용할 수도 있다. 여분의 액세스 스위치를 이용하여, 기능하지 않고 있는 액세스 스위치가 바이패싱될 수 있으므로 이는 장치의 수율을 향상시킬 것이다.

음향 서브 구성요소의 행을 구성하는 MUT 셀의 열의 두께는 유연한 재구성을 허용하기 위해 소형으로 유지되어야 한다. 그러나, 음향 소자 바로 아래에 스위칭 전자소자가 배치되는 경우에는 전체 열의 영역을 이용할 수 있다. 이는 2개의 치수 모두가 작게 유지되어야 하는 2차원 재구성 가능성 방안에 대해 허용되는 것보다 훨씬 큰 영역이다. 이 재구성 가능성 방안은 1.25D, 1.5D 및 1.75D 어레이에 대한 복수의 행을 허용하도록 연장될 수 있다.

소위 "1.25D", "1.5D" 및 "1.75D" 어레이를 포함하는 여러 종류의 복수 행 변환기 어레이가 1차원 어레이의 제한된 상승 성능을 향상시키기 위해 개발되어 왔다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 이들 용어는 다음의 의미를 갖는다. 1.25D) 상승 개구는 가변적이지만 포커싱(focusing)은 정적으로 유지된다. 1.5D) 상승 개구, 셰이딩(shading), 포커싱은 동적으로 가변적이지만, 어레이 중심라인에 대해 대칭적이다. 1.75D) 상승 기하학 및 제어는 1.5D와 유사하지만 대칭적 제한은 없다. 1.25D 프로브의 상승 개구는 버무이에 따라 증가하지만, 그 개구의 상승 포커싱은 정적이며 기계적 렌즈에 의해 이론적으로 결정되며, 고정 초점(들)을 갖는다. 1.25D 프로브는 1D 프로브보다 실질적으로 우수한 가까운 필드 및 먼-필드 슬라이스 두께 성능을 제공할 수 있고, 추가적 시스템 빔 형성기 채널을 요구하지 않는다. 1.5D 프로브는 추가적 빔 형성기 채널을 이용하여 동적 포커싱 및 상승의 아포디제이션(apodization)을 제공한다. 1.5D 프로브는 특히 중간 필드 및 먼 필드에서 1.25D 프로브에 비교 가능한 상세한 해상도와 그보다 실질적으로 우수한 콘트라스트 해상도를 제공할 수 있다. 개구의 모든 구성요소에 대한 빔 형성 시간 지원의 독립적 제어를 통해 1.75D 프로브는 빔 형성기가 바디(body)의 비균질 진행 속도를 적응적으로 보상하게 한다. 이러한 적응적 빔 형성 또는 위상 변형 제어외에도, 1.75D 프로브는 상승 방향의 제한된 빔 조종(steering)을 지원할 수도 있다.

고전압 스위치는 이용 가능한 CMOS(complementary metal oxide semiconductor) 기술에서 쉽게 구현될 수 있다. 이 기술은 특히 흥미로운데, 고밀도 디지털 제어 회로가 제어되는 스위치에 인접하여 집적될 수 있기 때문이다. 전술한 바와 같이, 이 특징은 한 구성으로부터 다음 구성으로의 매우 고속의 저잡음 및 저전력 이동을 가능하게 한다. MEMS(micro-machined electro-mechanical system) 스위치와 같은 다른 기술도 이용될 수 있으며, CMOS 기술에 한정되지 않는다.

고전압 CMOS 스위치는 MOSFET(metal oxide semiconductor field effect transistor)으로 구성된다. 이 소자는 드레인, 소스 및 게이트 접속부를 가지며, 게이트 상의 전압은 드레인과 소스 사이의 채널을 지나는 전류의 경로를 제어한다. 더 넓은 채널이 더 적은 스위치-온 저항을 가질 것인데, 이는 더 작은 열 잡음이 수신 신호에 더해지므로 초음파 촬상이 대해 유리하다. 그러나, 더 넓은 채널을 구성하기 위해, 이 소자의 크기를 성장시킬 필요가 있다.

2차원 어레이에서, 매우 넓은 소자는 "핑거"라 불리는 섹션으로 나뉘어져서 2차원 어레이 구성요소 아래에 잘 맞는 직사각형 소자를 구성한다. 그러나, 선형 어레이에서, 더 긴 핑거가 사용될 것이다. 일반적으로, 스위칭 구성요소를 적합하게 레이아웃하여 매우 길고 얇은 소자가 어레이 구성요소 아래에 맞도록할 것이다. 또한, 어레이의 수직 방향(단축)으로의 변환기 구성요소의 제한된 집적화로 인해, 어레이 중심으로부터 어레이 상부 및 하부 상의 스위칭 전자소자로 신호 경로의 지정이 수행될 수 있다. 이는 더 복잡한 제어 구조의 사용 또는 스위치-온 저항의 추가적 감소를 가능하게 할 것이다.

아포디제이션은 가중치 팩터(weighting factors) 세트를 어레이 구성요소에 의해 전송 또는 수신되는 신호에 적용하는 단계를 포함한다. 예를 들어, 구성요소 대 구성요소 이동을 최소화하는 상승되는 코사인파와 같은 것에 의해 어레이를 따르는 진폭 분산이 완화될 수 있다. 이 재구성 가능한 개구를 처리하는 데 동적 아포디제이션이 요구된다. 이는 상호 접속되는 (즉, 결합되는) 서브 구성요소로부터 수신되는 신호 상의 시스템 채널 아포디제이션을 이용하여 부분적으로 달성될 수 있다. 또한, 서브 구성요소 레벨 상에 아포디제이션이 적용되려 더 정밀한 제어를 제공할 수 있다.

구성요소 크기 및 위치가 동적으로 구성될 수 있는 어레이가 주어지면, 어떤 구성을 사용할지를 결정해야 한다. 채택될 수 있는 하나의 알고리즘은 어떤 관점에서 지연 에러를 최소화하려는 것이다. 특정 초점 포인트에 있어서, 열 각각에 대한 지연이 계산될 수 있다. 이들 이상적 지연이 주어지면, 모두 동일한 범위의 지연을 갖는 N개의 채널로 개구를 분할할 수 있다. 이는, 주어진 채널에 대한 최대 지연에서 주어진 채널에 대한 최소 지연을 뺀 값이 모든 채널에 대해 동일하다는 것을 의미한다. 따라서, 비슷한 지연을 갖는 열들이 동일한 채널로 할당되는 방식으로 열들이 함께 그룹화된다. 특정 채널에 할당되는 열의 수는 수용 가능한 지연 범위에 의해 결정된다. 실제로, 이는 모든 열에 대한 이상적 지연을 취하고 이들을 분류한다는 것을 의미한다. 최대 지연으로부터 최소 지연을 감산함으로써 모든 열에 대한 통 지연 범위를 계산한다. 그 후, 이 총 지연 범위는 채널 수에 의해 분할된다. 이는 주어진 채널에 대한 지연 범위를 제공한다. 도 9-11은 이 프로세스의 예를 도시하고 있다. 도 9는 변환기 어레이에 수직하며 어레이의 활성 부분의 중심에 있는 빔에 대한 어떤 부분에 포커싱하는 전형적 지연 프로파일을 도시하고 있다. 도 10은 이 개구를 10개의 채널로 분할하는 예를 도시하고 있다. 시간 지연은 분류된다. 시간 지연 범위는 10개의 동일한 분할로 나뉘어진다. 이는 플롯(plot)의 도메인을 10개의 섹션으로 분할한다. 분류 정보를 이용하여, 10개의 도메인 섹션은 재구성 가능한 선형 어레이의 실제 열 또는 서브 구성요소로 맵핑될 수 있으므로, 구성요소의 크기 및 형상을 결정한다. 도 11은 동일한 범위에 기초하는 결과 양자화 지연 패턴을 도시하고 있다.

알고리즘의 다양한 버전이 개구를 분할하여 각 채널에 대한 평균 지연 에러가, 최대 지연 에러 외에, 동일하다. 주어진 어레이 기하학 형태의 성능은 구성을 결정하는 알고리즘을 최적화하는 데에도 이용될 수 있다. 본 명세서에 개시되는 재구성 가능한 선형 어레이는 이들 알고리즘에 의해 결정되는 것에 제한되지 않는다. 오히려 이들 알고리즘은 예를 도시하고 재구성 가능성이 동작하는 방식에 대한 이해를 제공하도록 의도된 것이다.

재구성 가능한 선형 어레이의 가능한 장점을 설명하기 위해, 복사 패턴의 시뮬레이션이 계산되었다. 도 10-12는 이들 시뮬레이션으로부터의 몇몇 결과를 도시하고 있다. 개구의 총 크기는 방위각 방향으로 26mm이며 상승 방향으로 6mm이다. 상승 포커싱 또는 렌즈는 사용되지 않았다. 7.5Mhz, 60% 비율의 대역폭 펄스가 시뮬레이션에서 사용되었다. 모든 경우에 전송 초점 깊이는 30nm이었다. 동적 수신 초점은 3개의 경우 모두에 사용되었으며, 도 10,11,12에 각각 도시된 시뮬레이션 결과에 대한 수신 초점의 깊이는 25, 30, 35mm이었다. 모든 경우에 어레이는 30nm의 포인트에 기초하여 구성되었다. 각 그래프에는 4개의 곡선이 도시되었다. 곡선(A)은 동일한 피치를 갖는 128-구성요소 선형 어레이(표준 활상 구성)를 나타낸다. 곡선(B,C,D)은 각각 60,32,20개의 채널에 기초하는 어레이를 나타낸다. 이 어레이는 전술한 동일한 지원 범위 알고리즘을 이용하여 구성되었다. 32개의 채널을 이용하면, 성능은 이들 깊이의 128 구성요소 선형 고정-피치 어레이의 성능과 유사하였다. 20개의 채널을 이용하면, 성능은 이만큼 좋지 않으며 필드 깊이는 매우 작다.

도 8에 도시된 재구성 가능한 선형 어레이는 음향 서브 구성요소를 시스템 채널로 맵핑한다. 이 맵핑은 성능을 향상시키도록 설계된다. 맵핑은 스위칭 네트워크(즉, 액세스 및 매트릭스 스위치)를 통해 수행되는데, 이는 이상적으로는 cMUT 셀이 구성되는 기관 상에 직접 배치되지만, 변환기 기관에 인접하는 집적되는 상이한 기관 내에도 존재할 수 있다. cMUT 어레이는 실리콘 시판의 상부에 직접 설치되므로, 스위칭 전자소자는 이 기관으로 포함될 수 있다.

공동 집적되는 cMUT 및 ASIC 어레이의 단면도가 도 15에 도시되어 ASIC으로부터 cMUT으로 구성되는 접속 방식을 보여주고 있다. 도시된 바와 같이, 단일 비아(via, 56)가 사용되어 각 cMUT 음향 서브 구성요소(32)를 그 해당 CMOS 전자소자 서브 구성요소(이하, "인터페이스 전자소자 셀", 50)에 접속시킨다. 신호 전극의 패드(56)를 스위치 AISC 상에 형성되는 각 전도 패드(66)에 접속시키는 비아(56)는 음향 백킹층(backing layer, 62)에 포함될 수 있다.

도 8에 도시된 실시예에 적용되는 바와 같이, 각 인터페이스 전자소자 셀(50)은 액세스 스위치 및 매트릭스 스위치를 포함할 것이다. 그러나, 다른 실시예에 있어서, 각 인터페이스 전자소자 셀에 추가 회로가 포함될 수 있다. 예를 들어, 추가 액세스 및 매트릭스 스위치가 포함될 수 있는데, 이러한 추가 액세스 스위치는 추가 액세스라인으로의 접속을 인에이블하고 추가 매트릭스 스위치는 어떤 행의 인접 음향 서브 구성요소에 다른 행의 음향 서브 구성요소를 접속시킨다. 또한, 각 인터페이스 전자소자 셀은 각 펄스기(pulser) 및 각 전송/수신 스위치를 포함할 수 있다.

또한, 도 16에 도시된 바와 같이, 분리된 기관(예: 웨이퍼) 상에 cMUT를 설치하고 ASIC 스위치 매트릭스에 이들을 각각 접속시키는 것도 가능하다. 여기서 예를 들어, 솔더 범프(solder bump, 64) 및 전도 패드(65,66)가 이용되어 개별 cMUT 음향 서브 구성요소(32)를 그들의 인터페이스 전자소자 해당부분(50)에 접속시킨다. ACF(anisotropic Conductive Film) 또는 유연한 상호 접속과 같은 기술이 사용될 수도 있다.

액세스 및 매트릭스 스위치는 분리되어 패키징되는 구성요소이지만, MUT 어레이가 제조되는 동일한 반도체 기관 내에 스위치를 제조할 수도 있다. 이들 스위치는 "Integrated High-Voltage Switching Circuit for Ultrasound Transducer Array"란 명칭의 미국 특허 출원 제 10/248,968 호에 개시된 종류의 고전압 스위칭 회로를 포함할 수 있다. 각 스위치는 연속적으로(소스 노드가 함께 단란되게) 접속되는 2개의 DMOS FET를 포함하여 바이폴라 동작을 가능하게 한다. 도 17은 예시적 액세스 스위치(30)를 도시하는데, 매트릭스 스위치는 동일한 회로를 포함할 수 있다. 스위치(30)의 2개의 FET가 턴 온될 때마다 스위치 단자를 통해 전류가 흐른다. 각 스위치의 상태는 각 스위치 제어 회로(52)에 의해 제어되는데, 도 17에는 이들 중 하나만이 도시되어 있다. 스위치 제어 회로의 상태는 프로그래밍 회로(54)로부터의 출력에 의해 규정되는데, 이는 본 명세서에 설명되는 알고리즘 중 하나를 이용하여 유도되는 최적 스위칭 구성에 따라 스위치 제어 회로를 프로그래밍한다. 스캔 제어기(도 17에서는 생략)는 프로그래밍 회로(54)로 최적 스위칭 구성을 유도한다. 바람직한 일실시예에서는 CMOS 고전압 스위치를 사용하였지만, 본 명세서에 개시된 발명은 저전압 스위치, MEMS 스위치 및 기타 장래 개발될 스위치 기술과 같은 스위칭 기술에 직접 적용될 수 있다. 이 스위칭 전자소자는 CMOS 또는 BiCMOS 또는 SOI 또는 MEMS 또는 기타 아직 정의되지 않은 스위칭 기술을 이용하여 구성될 수 있다.

전술한 본 발명의 다양한 실시예는 재구성 가능성을 이용하여 마이크로머시닝에 의해 구성되는 센서 구성요소의 선형 어레이에 대한 요구되는 채널 수를 감소시킨다. 하나의 방식은 어레이가 수신 시의 깊이에 따라 동적으로 재구성되는 것이다. 일단 전송된 파장 머리가 런칭되면, 소정 시간 간격 동안 에코 데이터(echo data)가 수신될 것인데, 이 시간 간격은 통상적으로 200 마이크로초 미만이다. 이 수신 시간 동안, 개구의 치수를 변경하여 이동하는 전송 파장 머리의 위치에 대한 범 형성을 최적화하는 것이 유리하다. 이 경우, 개구의 크기가 더 크게 성장되어 필드 깊이가 전체를 통해 균일한 해상도를 유지하려 한다. 이는 엄격한 전자소자를 요구하지만, 재구성 가능성의 최대 이점이 얻어진다. 이는 표준 고정 피치 선형 어레이보다 적은 채널로 유사한 지연 에러를 허용한다.

또다른 방식은 수신 동안 어레이를 변경하지 않고, 즉 수신 동안 개구를 고정시킴으로써 특정 초점 영역에 대한 어레이를 재구성하는 것이다. 모든 깊이에 대해 수신 개구를 최적화하기 원하는 경우에는, 다수의 시간을 전송하고 수신 개구 또는 송신 개구를 변경하고 개별 전송에 대해 개구를 수신해야 한다. 이는 장시간이 소요되며 촬상 프레임 레이트를 느리게 한다. 이 경우, 전자소자 구현은 더 쉽지만, 적용 범위는 프레임 레이트가 중요하지 않거나 촬상 깊이가 매우 얇은 경우로 제한된다. 다시, 초점 영역의 먼 에지의 빔 품질의 최소 손실을 가지며 요구되는 채널 수를 감소시킨다.

본 발명의 중요한 장점은 격자 로브 또는 현저한 이미지 인공 음영 없이 요구되는 채널 수를 감소시키는 것이다. 재구성 가능성은 또한 극도로 가까운 필드가 빔 형성용으로 사용되는 채널 수의 증가로부터 이점을 얻도록 한다.

바람직한 실시예를 참조하여 본 발명을 설명하였지만, 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 다양한 변형이 이루어질 수 있으며 균등물이 구성요소를 대체할 수 있음을 당업자는 이해할 것이다. 또한, 본 발명의 핵심 사상을 벗어나지 않고 많은 수정이 특정 상황에 적용될 수 있다. 그러므로, 본 발명은 본 발명을 수행하는 최적 모드로서 설명된 특정 실시예에 제한되도록 의도된 것이 아니며, 청구 범위의 사상 내에 해당하는 모든 실시예를 포함할 것이다.

청구 범위에서 사용되는 바와 같이, "피치"라는 용어는 서브 구성요소 행의 2개의 연속 구성요소의 중심 라인 사이의 거리를 의미한다.

발명의 효과

본 발명에 의하면 격자 로브 또는 현저한 이미지 인공 음영 없이 요구되는 채널 수를 감소시킬 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

행(row)을 형성하는 라인을 따라 나란한(side-by-side) 관계로 배치되는 복수의 센서 서브 구성요소(32) - 상기 센서 서브 구성요소 각각은 대략 직사각형 영역을 차지하는 복수의 마이크로머신 전기-기계 소자를 각각 포함하고, 상기 마이크로머신 전기-기계 소자 각각은 제 1 전극을 각각 포함하되, 임의의 특정 센서 서브 구성요소를 구성하는 상기 마이크로머신 전기-기계 소자의 상기 제 1 전극은 서로 전기 접속되며 스위칭 가능하게 서로 접속 해제될 수 없음 - 와,

복수의 전기 전도 액세스 라인(34)과,

복수의 액세스 스위치(30) - 상기 액세스 스위치 각각은 상기 액세스 스위치가 턴 온되면 상기 센서 서브 구성요소 중 하나를 상기 액세스 라인 중 하나에 각각 접속시킴 - 와,

복수의 매트릭스 스위치(36) - 상기 매트릭스 스위치 각각은 상기 매트릭스 스위치가 턴 온되면 상기 센서 서브 구성요소 중 하나를 상기 센서 서브 구성요소 중 인접하는 하나에 각각 접속시킴 - 와,

복수의 스위치 상태 제어 회로(52) - 상기 스위치 상태 제어 회로 각각은 상기 액세스 스위치 중 하나 및 상기 매트릭스 스위치 중 하나의 상태를 각각 제어함 - 와,

각 개구에 대응하는 선택된 스위치 구성에 따라, 상기 스위치 상태 제어 회로를 프로그래밍하도록 전기 접속되는 프로그래밍 회로(54)를 포함하는

장치.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 마이크로머신 전기-기계 소자는 각 캐비티(cavity) 위를 덮는 막(membrane)을 더 포함하되, 상기 각 1 전극 각각은 상기 각 막에 의해 지지되는

장치.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 마이크로머신 전기-기계 소자 각각은 개별 cMUT 셀을 포함하는

장치.

청구항 4.

제 3 항에 있어서,

상기 cMUT 셀 각각은 육각형인

장치.

청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 스위치 상태 제어 회로(52) 각각은 상기 프로그래밍 회로로부터 수신되는 복수의 스위치 구성에 대응하는 스위치 상태 제어 데이터를 저장하는 로컬 버퍼링 회로를 포함하는

장치.

청구항 6.

대략 직사각형인 활성 영역을 각각 갖는 초음파 변환기 서브 구성요소(32)의 선형 어레이와,

자신이 선택적으로 턴 온되면, 초음파 변환기 서브 구성요소를 서로 선택적으로 전기 접속시켜 초음파 변환기 구성요소를 형성하는 복수의 매트릭스 스위치(36)와,

상기 선형 어레이에 실질적으로 평행하게 흐르는 복수의 전기 전도 액세스 라인(34)과,

상기 액세스 스위치가 선택적으로 턴 온되면, 초음파 변환기 구성요소를 액세스 라인에 선택적으로 전기 접속시키는 복수의 액세스 스위치(30)와,

복수의 시스템 채널(58)과,

소정 상태에서 상기 액세스 라인 각각이 자신을 통해 상기 시스템 채널 중 하나에 각각 전기 접속되는 다중화기(28)를 포함하되,

상기 초음파 변환기 서브 구성요소(32) 각각은 전기 접속되며 스위칭 가능하게 접속 해제될 수 있지 않은 복수의 cMUT 셀을 각각 포함하는

시스템.

청구항 7.

제 6 항에 있어서,

복수의 스위치 상태 제어 회로 - 상기 스위치 상태 제어 회로 각각은 상기 액세스 스위치 중 하나 및 상기 매트릭스 스위치 중 하나의 상태를 각각 제어함 - 와,

선택된 스위치 구성에 따라 상기 스위치 상태 제어 회로를 프로그래밍하도록 전기 접속되는 프로그래밍 회로를 더 포함하는

시스템.

청구항 8.

제 7 항에 있어서,

상기 프로그래밍 회로는 상기 스위치 상태 제어 회로를 프로그래밍하여, 제 1 시간 간격 동안 센서 서브 구성요소가 액세스 라인에 접속되어 제 1 수신 개구를 구성하는 제 1 센서 구성요소 세트를 형성하며, 상기 제 1 시간 간격에 이어지는 제 2 시간 간격 동안 센서 서브 구성요소가 액세스 라인에 접속되어 상기 제 1 수신 개구와 상이한 제 2 수신 개구를 구성하는 제 2 센서 구성요소 세트를 형성하는

시스템.

청구항 9.

대략 직사각형인 활성 영역을 각각 갖는 초음파 변환기 서브 구성요소(32)의 선형 어레이와,

복수의 액세스 라인(34)과,

선택된 초음파 변환기 서브 구성요소를 서로 전기 접속시켜서 초음파 변환기 구성요소를 형성하는 제 1 스위치 세트(36) 및 상기 초음파 변환기 구성요소를 선택된 액세스 라인에 전기 접속시키는 제 2 스위치 세트를 포함하는 스위칭 네트워크 - 상기 제 1 및 제 2 스위치 세트는 스위칭 구성에 따라 설정되어 개구를 형성하고, 개구를 구성하는 상기 초음파 변환기 구성요소의 피치(pitch)와 너비는 상기 선형 어레이를 지나 변함 - 를 포함하는

시스템.

청구항 10.

제 9 항에 있어서,

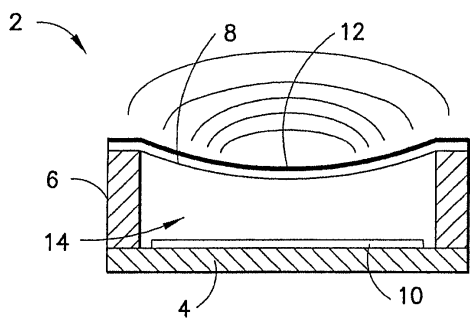
복수의 빔 형성기 채널(54)과,

선택된 액세스 라인을 선택된 빔형성기 채널에 전기 접속시키는 다중화기(28)를 더 포함하는

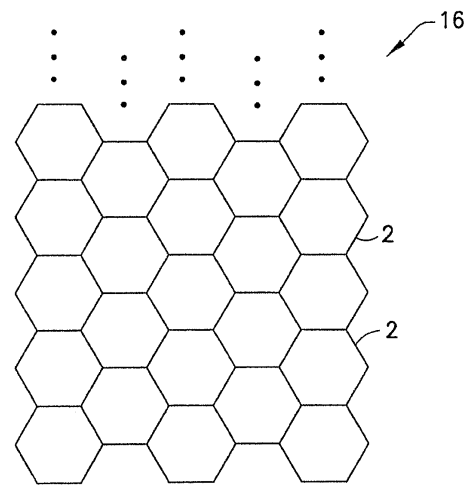
시스템.

도면

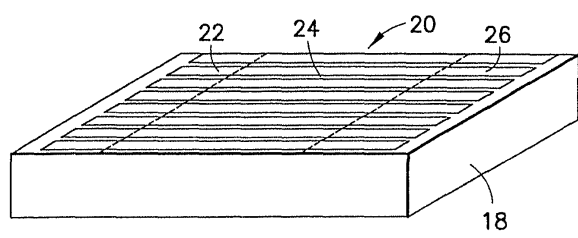
도면1



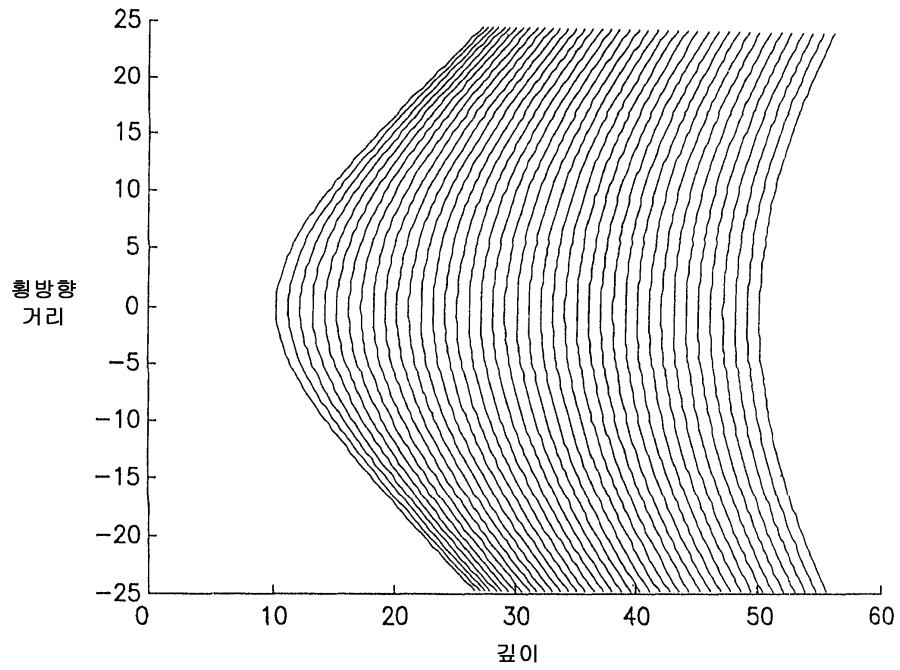
도면2



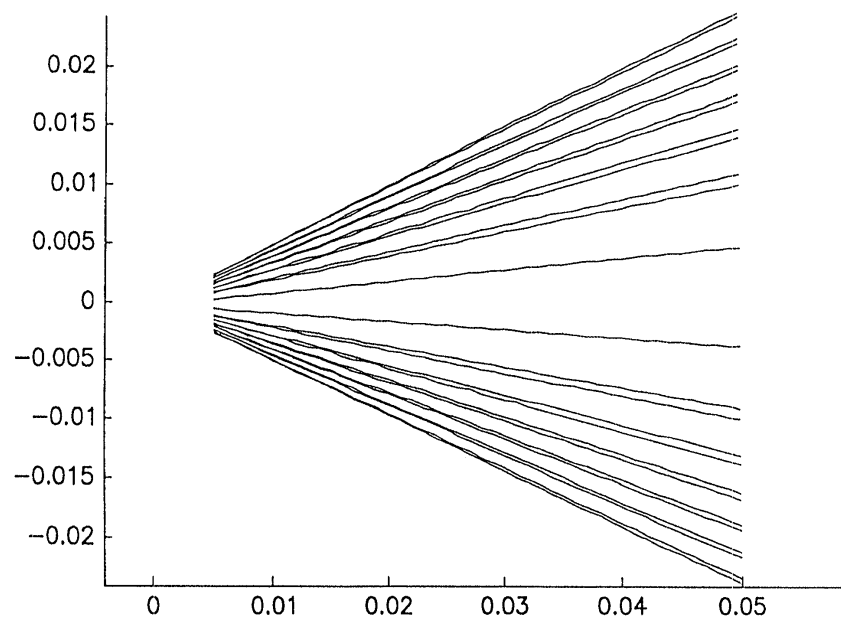
도면3



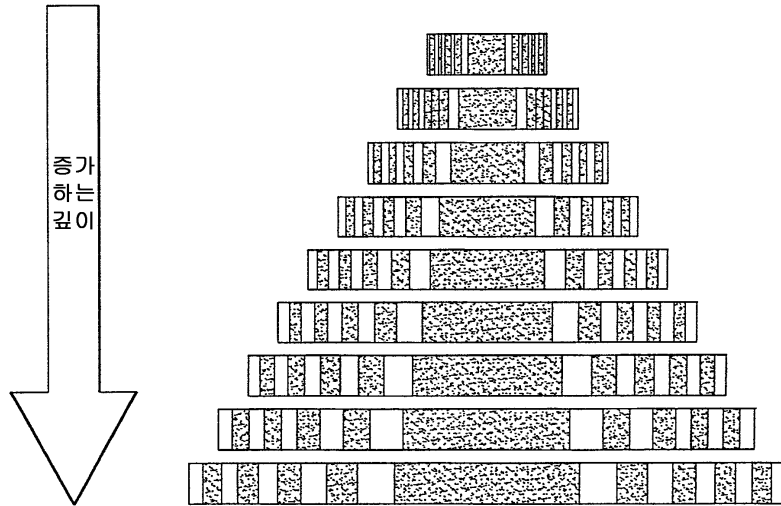
도면4



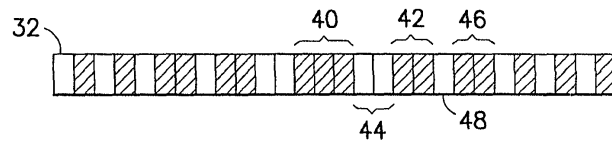
도면5



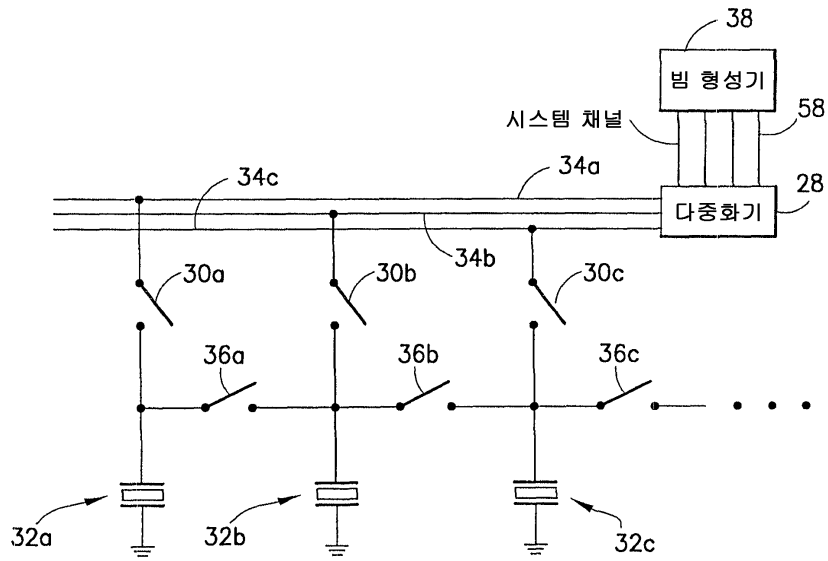
도면6



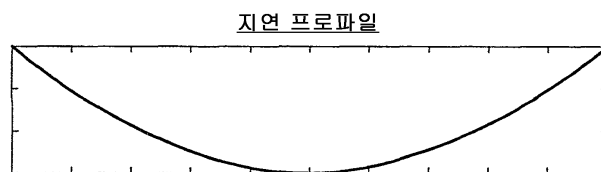
도면7



도면8

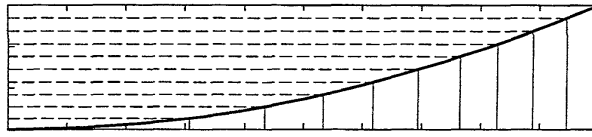


도면9



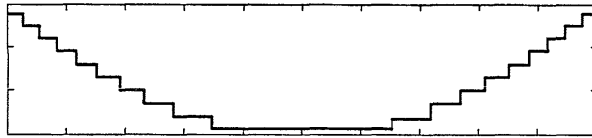
도면10

동일한 지면 범위로 분류되는 지면



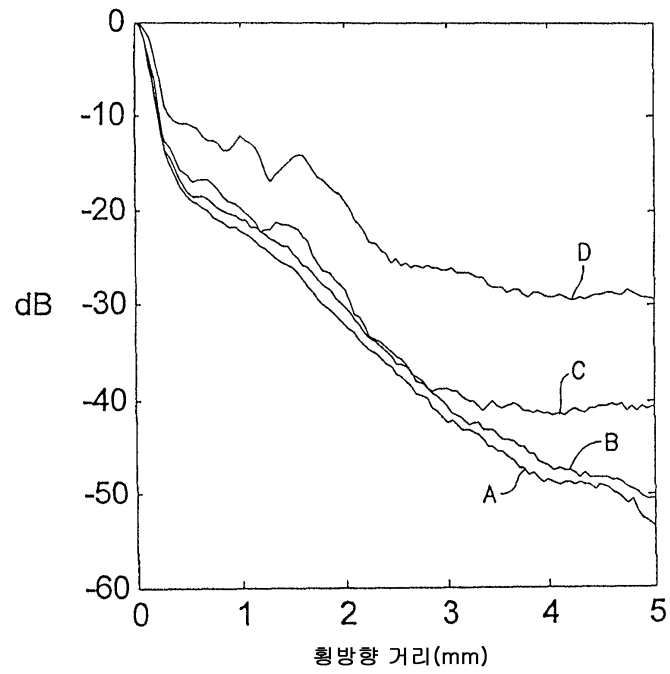
도면11

양자화 지면 프로파일

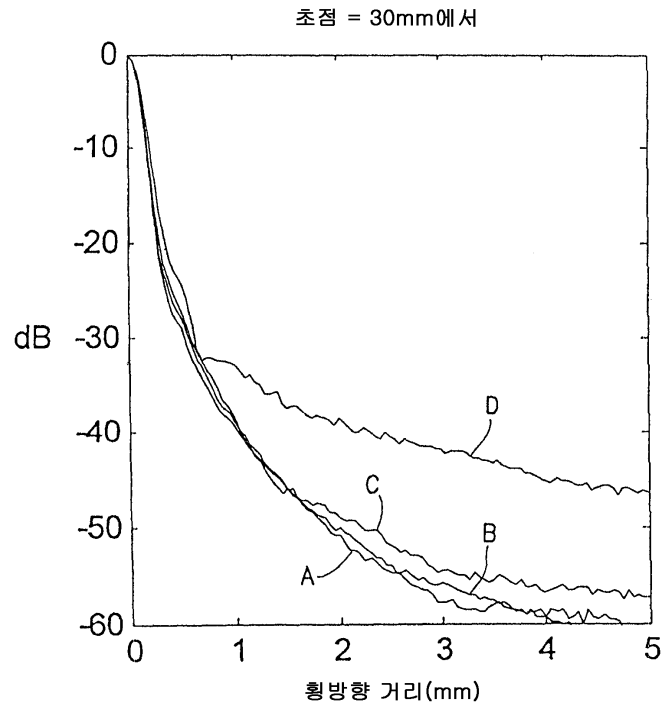


도면12

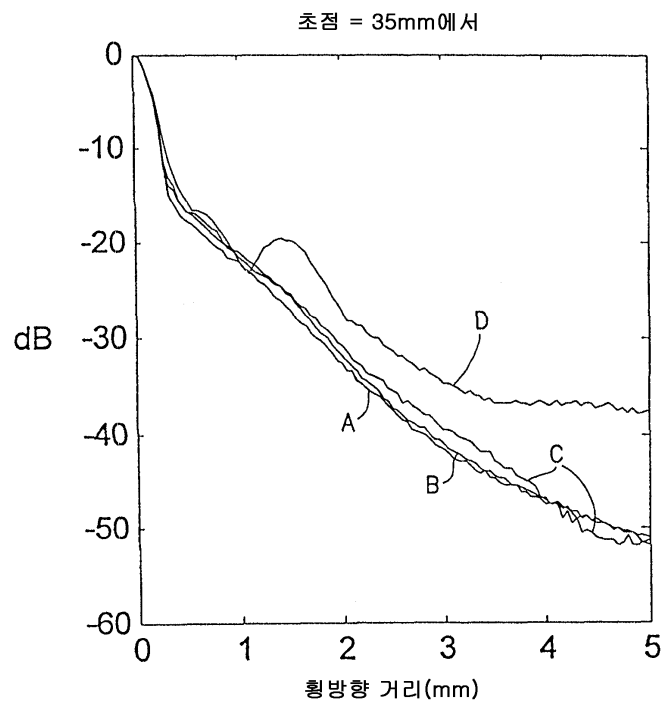
초점 = 25mm에서



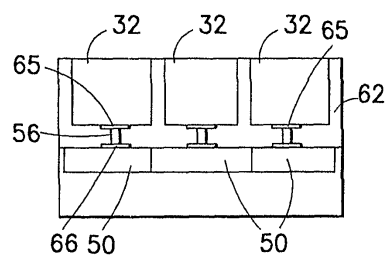
도면13



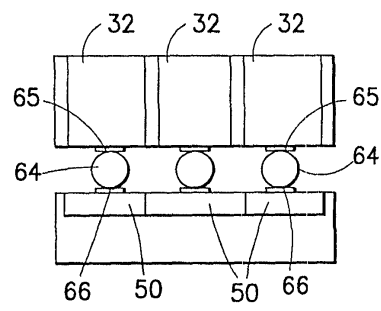
도면14



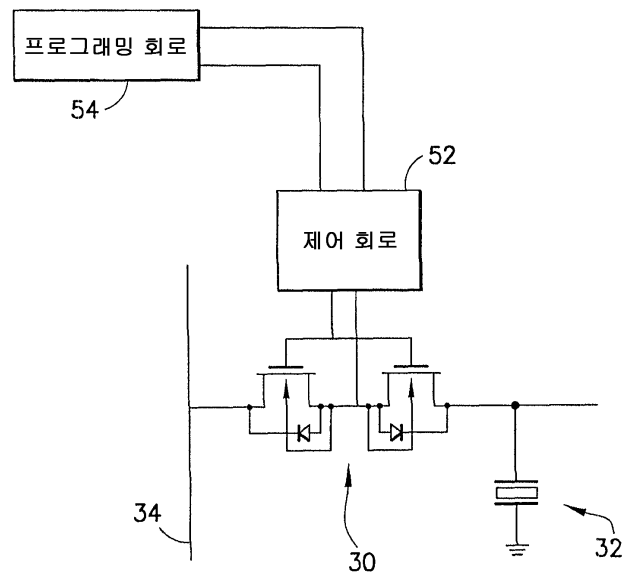
도면15



도면16



도면17



专利名称(译)	用于可重构传感器的设备和系统		
公开(公告)号	KR1020060071304A	公开(公告)日	2006-06-26
申请号	KR1020050099035	申请日	2005-10-20
[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 ERIK 토메니우스카이에릭 FISHER RAYETTE ANN 피셔레이에트앤 WODNICKI ROBERT GIDEON 우드닉키로버트기드온 HAZARD CHRISTOPHER ROBERT 하자드크리스토퍼로버트 SMITH LOWELL SCOTT 스미스로웰스코트 HAIDER BRUNO HANS 헤이더브루노한스 RIGBY KENNETH WAYNE 리그비케네스웨인		
发明人	토메니우스카이에릭 피셔레이에트앤 우드닉키로버트기드온 하자드크리스토퍼로버트 스미스로웰스코트 헤이더브루노한스 리그비케네스웨인		
IPC分类号	B81B7/02 A61B8/00 B06B1/02 B06B1/06 H04R17/00		
CPC分类号	G01N29/0609 G01N29/069 G01N2291/0423 G01N29/245 G01N2291/106 B06B1/0292 A61B2562/028		
代理人(译)	张居正, KU SEONG		
优先权	11/018238 2004-12-21 US		
其他公开文献	KR101236118B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明涉及微机械传感器(例如,光,热,压力,超声波传感器)的可重新配置的线性阵列。可重新配置性允许传感器部件32的尺寸和间隔是距光束中心的距离的函数。此功能可提高具有有限通道数的成像系统的性能。对于采用多个转移聚焦区域的应用,由于能够将孔径调整到一定深度,因此改善了性能。 15

