



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년09월26일

(11) 등록번호 10-1659723

(24) 등록일자 2016년09월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 8/00 (2006.01) G01S 15/89 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-7026955

(22) 출원일자(국제) 2010년04월14일

심사청구일자 2015년04월13일

(85) 번역문제출일자 2011년11월11일

(65) 공개번호 10-2012-0005031

(43) 공개일자 2012년01월13일

(86) 국제출원번호 PCT/US2010/031067

(87) 국제공개번호 WO 2010/120907

국제공개일자 2010년10월21일

(30) 우선권주장

61/169,200 2009년04월14일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US05230339 A*

US4055988 A

JP11239578 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

마우이 이미징, 인코포레이티드

미국 캘리포니아 씨니밸리 슈트 107 지브랄타 드 라이브 256 (우: 94089)

(72) 발명자

스펙트, 도날드, 에프.

미국 94089 캘리포니아 씨니밸리 슈트 107 지브랄타 드라이브 256

브루어, 케네쓰, 디.

미국 94089 캘리포니아 씨니밸리 슈트 107 지브랄타 드라이브 256

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 34 항

심사관 : 박승배

(54) 발명의 명칭 복수 개구 초음파 어레이 정렬 설비

(57) 요 약

하나 이상의 프로브 헤드를 포함함으로써 그리고 이미지의 렌더링을 위해서 모든 프로브의 요소들을 이용함으로써 초음파 이미징 프로브의 유효 개구를 증대시키는 것은 생성된 이미지의 측방향 해상도를 크게 개선할 수 있다. 이미지 렌더링을 위해서, 모든 요소들의 상대적인 위치를 정확하게 알고 있어야 한다. 개시된 교정 설비에서, 교정되는 프로브 조립체가 테스트 블록의 위쪽에 배치되고 그리고 테스트 블록을 통해서 초음파 센서로 초음파 펄스를 전송한다. 초음파 펄스가 테스트되는 프로브 내의 일부 또는 모든 요소를 통해서 전송됨에 따라, 과정의 서로 다른 도착 전이 시간이 정확하게 측정된다. 이러한 측정으로부터, 프로브 요소의 상대적인 위치가 계산될 수 있고 그리고 프로브가 정렬될 수 있다.

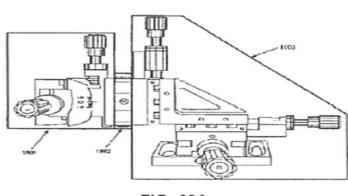
대 표 도

FIG. 18A

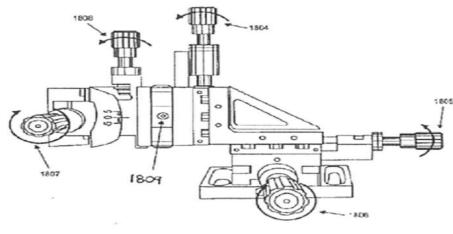


FIG. 18B

(72) 발명자

스미스, 테이비드, 웨.

미국 94089 캘리포니아 썬니베일 슈트 107 지브랄
타 드라이브 256

아담, 쉐론, 엘.

미국 94089 캘리포니아 썬니베일 슈트 107 지브랄
타 드라이브 256

룬스포드, 존, 피.

미국 94089 캘리포니아 썬니베일 슈트 107 지브랄
타 드라이브 256

명세서

청구범위

청구항 1

복수-개구 초음파 프로브(multi-aperture ultrasound probe)에서 변환기 요소들(transducer elements)의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템으로서:

복수의 변환기 요소를 홀딩하도록 구성된 정렬 조립체;

테스트 블록;

상기 복수의 변환기 요소 중 하나 이상으로부터 상기 테스트 블록을 통해서 초음파 펄스를 수신하도록 구성된 초음파 센서; 그리고

상기 초음파 센서로부터의 데이터를 평가하고 그리고 변환기 교정 데이터를 제공하도록 구성된 제어부를 포함하고,

상기 제어부는 변환기 교정 데이터를 기초로 복수의 변환기 요소의 상대적인 위치를 계산하도록 구성된 알고리즘을 실행시키는,

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 테스트 블록은 음속을 알고 있는 액체로 채워진 탱크를 포함하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 테스트 블록은 음속을 알고 있는 젤라틴형 물질로 채워진 탱크를 포함하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 테스트 블록은 음속을 알고 있는 중실형 블록을 포함하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

초음파 펄스를 전송하기 위해서 복수의 변환기 요소들 중 하나 이상을 여기시키도록(excite) 구성된 신호 발생기를 더 포함하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 신호 발생기는 짧은(광대역) 펄스를 이용하여 복수의 변환기 요소를 여기시키도록 구성되는
변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 신호 발생기는 확산 스펙트럼 과형(spread spectrum waveform)으로 복수의 변환기 요소를 여기시키도록 구
성되는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 8

제 5 항에 있어서,

상기 신호 발생기는 첨 과형(chirp waveform)으로 복수의 변환기 요소들 중 하나 이상을 여기시키도록 구성되는
변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 정렬 조립체는 제어부로부터의 변환기 교정 데이터를 기초로 복수의 변환기 요소를 자동적으로 정렬시키도록
구성된 자동화된 정렬 조립체를 포함하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 정렬 조립체가 하나 이상의 스텝퍼 모터(stpper motor) 및 스텝퍼 모터 제어부를 포함하는
변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 스텝퍼 모터 제어부는 변환기 요소를 정렬시키기 위해서 하나 이상의 스텝퍼 모터를 구동시키는
변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 정렬 조립체는 수동 정렬 조립체를 포함하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 수동 정렬 조립체는 복수의 변환기 요소를 x, y 및 z 축을 따라 조작하도록(manipulate) 구성되는 수동 제어부를 포함하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는 초음파 센서에 배치된 복수의 수신 변환기 요소에 대한 상대적인 경과 시간을 탐지하도록 구성된 알고리즘을 실행하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는 복수의 변환기 요소들 중 하나 이상으로부터 초음파 센서에 배치된 복수의 수신 변환기 요소로의 완전 전이 시간을 계산하도록 구성된 알고리즘을 실행하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 16

삭제

청구항 17

제 1 항에 있어서,

상기 변환기 교정 데이터를 디스플레이하도록 구성된 그래픽 사용자 인터페이스를 더 포함하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 18

제 1 항에 있어서,

상기 정렬 조립체는 복수의 변환기 요소를 포함하는 프로브를 홀딩하도록 구성되는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 19

제 1 항에 있어서,

상기 초음파 센서는 복수의 수신 변환기 요소를 포함하는
변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 20

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는 수신된 초음파 펄스를 디지털화하고 그리고 저장하도록 구성되는
변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템.

청구항 21

복수-개구 초음파 프로브에서 변환기 요소들의 위치를 측정 및 보고하기 위한 시스템으로서:

복수의 변환기 요소;

상기 복수의 변환기 요소를 홀딩하도록 구성된 교정 조립체;

테스트 블록;

상기 복수의 변환기 요소 중 하나 이상으로부터 테스트 블록을 통해서 초음파 펄스를 수신하도록 구성된 초음파
센서; 및

상기 초음파 센서로부터의 데이터를 평가하고 그리고 변환기 교정 데이터를 제공하도록 구성된 제어부를 포함하
고, 그리고,

상기 제어부는 변환기 교정 데이터를 기초로 복수의 변환기 요소의 상대적인 위치를 계산하도록 구성된 알고리
즘을 실행시키는,

변환기 요소들의 위치를 측정 및 보고하기 위한 시스템.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 테스트 블록은 음속을 알고 있는 액체로 채워진 탱크를 포함하는
변환기 요소들의 위치를 측정 및 보고하기 위한 시스템.

청구항 23

제 21 항에 있어서,

상기 테스트 블록은 음속을 알고 있는 젤라틴형 물질로 채워진 탱크를 포함하는
변환기 요소들의 위치를 측정 및 보고하기 위한 시스템.

청구항 24

제 21 항에 있어서,

상기 테스트 블록은 음속을 알고 있는 중실형 블록을 포함하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 보고하기 위한 시스템.

청구항 25

복수-개구 초음파 프로브에서 변환기 요소들의 위치를 측정 및 보고하기 위한 시스템으로서:

복수의 변환기 요소;

상기 복수의 변환기 요소를 홀딩하도록 구성된 교정 조립체;

테스트 블록;

상기 복수의 변환기 요소 중 하나 이상으로부터 테스트 블록을 통해서 초음파 팰스를 수신하도록 구성된 초음파 센서; 그리고

상기 초음파 센서로부터의 데이터를 평가하고 그리고 변환기 교정 데이터를 제공하도록 구성된 제어부를 포함하고,

상기 교정 조립체는 제어부로부터의 변환기 교정 데이터를 기초로 복수의 변환기 요소의 상대적인 위치를 자동적으로 결정하도록 구성되는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 보고하기 위한 시스템.

청구항 26

제 21 항에 있어서,

상기 제어부는 초음파 센서에 배치된 복수의 수신 변환기 요소에 대한 상대적인 경과 시간을 탐지하도록 구성된 알고리즘을 실행하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 보고하기 위한 시스템.

청구항 27

제 26 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 상대적인 경과 시간으로부터 완전 전이 시간을 계산하도록 구성된 알고리즘을 실행하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 보고하기 위한 시스템.

청구항 28

삭제

청구항 29

제 21 항에 있어서,

상기 변환기 교정 데이터를 디스플레이하도록 구성된 그래픽 사용자 인터페이스를 더 포함하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 보고하기 위한 시스템.

청구항 30

제 21 항에 있어서,

상기 변환기 교정 데이터를 기록하도록 구성된 복수-개구 초음파 프로브 내의 메모리를 더 포함하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 보고하기 위한 시스템.

청구항 31

복수-개구 초음파 프로브 내의 변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 방법으로서:

복수의 변환기 요소를 정렬 조립체 내에 장착하는 단계;

복수의 변환기 요소 중 하나 이상으로부터 테스트 블록을 통해서 초음파 펄스를 전송하는 단계;

초음파 센서를 이용하여 초음파 펄스를 수신하는 단계;

변환기 교정 데이터를 제공하기 위해서 제어부를 이용하여 초음파 센서로부터 수신된 초음파 펄스를 평가하는 단계; 그리고,

변환기 교정 데이터를 기초로 복수의 변환기 요소의 상대적인 위치를 계산하도록 구성된 알고리즘을 상기 제어부를 사용하여 실행하는 단계를 포함하는,

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 방법.

청구항 32

제 31 항에 있어서,

변환기 교정 데이터를 기초로 복수의 변환기 요소를 정렬시키는 단계를 더 포함하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 방법.

청구항 33

제 32 항에 있어서,

변환기 교정 데이터를 기초로 복수의 변환기 요소를 자동적으로 정렬시키는 단계를 더 포함하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 방법.

청구항 34

제 32 항에 있어서,

변환기 교정 데이터를 기초로 복수의 변환기 요소를 수동적으로 정렬시키는 단계를 더 포함하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 방법.

청구항 35

제 32 항에 있어서,

상기 제어부는 초음파 센서에 배치된 복수의 수신 변환기 요소에 대한 상대적인 경과 시간을 탐지하도록 구성된 알고리즘을 실행하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 방법.

청구항 36

제 32 항에 있어서,

상기 제어부는 변환기 요소로부터 초음파 센서에 배치된 수신 변환기 요소로의 완전한 전이 시간을 계산하도록 구성된 알고리즘을 실행하는

변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 방법.

청구항 37

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은 2009년 4월 14일자로 출원된 "ALIGNMENT 및 FIXTURING OF A UNIVERSAL MULTIPLE APERTURE MEDICAL ULTRASOUND TRANSDUCER"라는 명칭의 미국 가명세서 특허출원 제 61/169,200호를 기초로 우선권을 주장하며, 이러한 특허출원은 본원 명세서에서 참조로서 포함된다.

[0002] 본원은 2006년 2월 6일자로 출원된 제 60/765,887호를 기초로 우선권을 주장하고 2007년 10월 11일자로 출원된 미국 특허출원 제 11/532,013호, 그리고 2006년 10월 25일자로 출원된 미국 가명세서 특허출원 제 60/862,951호를 기초로 우선권을 주장하면서 2008년 5월 1일자로 출원된 미국 특허출원 제 11/865,501호, 그리고 미국 가명세서 특허출원으로서 2007년 5월 25일자로 출원된 제 60/940,261호, 2009년 4월 14일자로 출원된 제 61/169,251호, 및 2009년 4월 14일자로 출원된 제 61/169,221호와 관련된 것이며, 이들 모두는 본원 명세서에서 참조로서 포함된다.

[0003] 참조에 의한 포함

[0004] 본원 명세서에 기재된 모든 공보 및 특허출원은 각각의 개별적인 공보 또는 특허출원이 구체적으로 그리고 개별적으로 참조로서 포함되는 것과 같은 정도로 본원 명세서에서 참조로서 포함된다.

[0005] 기술 분야

[0006] 본원 발명은 의료 분야에서 이용되는 이미징 기술에 관한 것으로서, 보다 특히 의료용 초음파에 관한 것이며, 보다 더 특히 복수의 개구를 이용하여 초음파 이미지를 생성하기 위한 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0007] 신체 조직에 고주파를 발사(insonify)하기 위해서, 페이즈드 어레이(phased array; 위상 배열) 또는 성형(shaped) 변환기에 의해서 형성된 비임(beam)이 검사되는 조직에 걸쳐서 스캐닝된다. 통상적으로, 동일한 변환기 또는 어레이를 이용하여 복귀 에코(반향; echoes)를 탐지한다. 이러한 디자인 구성은 의료 목적을 위한 초음파 이미징의 이용에서 가장 중요한 한계들 중 하나, 즉, 열등한(poor) 측방향 해상도라는 한계의 중심에 위치한다. 이론적으로, 측방향(lateral) 해상도는 초음파 프로브(probe)의 개구를 증대시킴으로써 개선될 수 있으나, 개구 크기 증가와 관련된 실제적인 문제로 인해서 개구가 작게 유지되고 그리고 측방향 해상도가 열등하게 유지되고 있다. 분명한 것은, 이러한 한계에도 불구하고 초음파 이미징은 매우 유용하게 이용되고 있으나, 보다 우수한 해상도를 가질 때 보다 효과적이 될 수 있을 것이다.

[0008] 심장 분야에서, 예를 들어, 단일 개구 크기의 한계는 갈비뼈들 사이의 공간(늑간 공간)에 의해서 정해진다. 복부(abdominal) 및 기타 용도를 위한 스캐닝의 경우에, 개구 크기의 한계는 그렇게 두드러지지 않으나, 그럼에도 불구하고 심각한 한계가 된다. 문제는, 환자에 대한 복수의 그리고 독립된 물리적 접촉 지점들("풋 프린트; footprints")을 가지는 대형 장치의 요소들의 정확한 위치를 알기 어렵다는 것이다. 최적의 성능을 위해서, 모

든 분리된 송신 및 수신 요소들이 동일한 스캔 평면에 있어야 한다. 또한, 각각의 요소 위치가 1/10 파장(예를 들어, 3 MHz에서 0.03 mm) 이내에 있다는 것이 확인되어야 한다. 통상적인 초음파 프로브의 경우에, 어레이 수직 변위 또는 통합(integration)(예를 들어, 1.5D 또는 2D)에 관계 없이, 복수의 어레이 또는 복수의 개별적인 요소들 사이의 정렬 및 위치 문제를 해결하는 것에 관한 요구가 전혀 없었다. 본원 명세서에 기재된 방법 및 장치는 범용적(universal) 복수 개구 초음파 프로브에 대한 이러한 문제점들을 어떻게 해결하는지에 대해서 교시한다.

[0009] 둘 또는 셋 이상의 개별적인 어레이의 조합을 이용하는 범용적 복수 개구 프로브를 구성하고 유지하는데 있어서, 중심 어레이 Z 축에 대한 각 어레이의 초음파 비임 변위에 대해서 주의를 기울여야 한다. 변위 또는 회전 축을 X, Y 및 Z라 지칭한다. X는 길이방향 어레이 축 주위로 변화되고, Y는 중심 어레이 축들 주위로 변화되며 또한 트위스트(twist)로도 지칭되며, 그리고 Z는 횡방향 또는 축방향 어레이 축 주위로 변화된다. 각 어레이의 변화를 측정하는 설비 및 방법이 개발되었고 그리고 실행되고 있다.

[0010] 요소 위치는 중심 어레이 Z 축으로부터 변위와 마찬가지로 중요하다. 모든 다른 요소에 대한 각 어레이 요소의 위치적인 관계는 개별적인 어레이 내에서 그리고 어레이마다 설정될 필요가 있을 것이다.

[0011] 각 어레이에서 사용되는 크리스탈(crystal)의 타입은 무관하다. 즉, 임의의 하나, 1과 1/2, 또는 2차원적인 크리스탈 어레이(1D, 1.5D, 2D, 예를 들어 압전 어레이) 및 모든 타입의 용량성 미세가공된 초음파 변환기(Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducers ;CMUT)가 복수-개구 구성에서 이용될 수 있을 것이다.

발명의 내용

[0012] 본원 발명은 복수-개구 초음파 프로브에서 변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 시스템에 관한 것으로서, 그러한 시스템은 복수의 변환기 요소를 홀딩(유지)하도록 구성된 정렬 조립체, 테스트 블록, 복수의 변환기 요소 중 하나 이상으로부터 테스트 블록을 통해서 초음파 펄스를 수신하도록 구성된 초음파 센서, 그리고 상기 초음파 센서로부터의 데이터를 평가하고 그리고 변환기 교정 데이터를 제공하도록 구성된 제어부를 포함한다.

[0013] 일부 실시예에서, 테스트 블록은 음속이 공지된 액체로 채워진 탱크를 포함한다. 다른 실시예에서, 테스트 블록은 음속이 공지된 젤라틴형 물질로 채워진 탱크를 포함한다. 추가적인 실시예에서, 테스트 블록은 음속이 공지된 중실형(solid) 블록을 포함한다.

[0014] 시스템은 초음파 펄스를 전달하기 위해서 복수의 변환기 요소들 중 하나 이상을 여기시키도록 구성된 신호 발생기를 더 포함할 수 있을 것이다. 일부 실시예에서, 신호 발생기는 짧은(광대역) 펄스를 이용하여 복수의 변환기 요소를 여기시키도록 구성된다. 다른 실시예에서, 신호 발생기는 확산(spread) 스펙트럼 과형으로 복수의 변환기 요소를 여기시키도록 구성된다. 부가적인 실시예에서, 신호 발생기는 침(chirp) 과형으로 복수의 변환기 요소들 중 하나 이상을 여기시키도록 구성된다.

[0015] 하나의 실시예에서, 정렬 조립체는 제어부로부터의 변환기 교정 데이터를 기초로 복수의 변환기 요소를 자동적으로 정렬시키도록 구성된 자동화된 정렬 조립체를 포함한다. 정렬 조립체는 예를 들어 하나 이상의 스텝퍼 모터 및 스텝퍼 모터 제어부를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 스텝퍼 모터 제어부는 변환기 요소를 정렬시키기 위해서 하나 이상의 스텝퍼 모터를 구동시킨다.

[0016] 다른 실시예에서, 정렬 조립체는 수동 정렬 조립체를 포함한다. 수동 정렬 조립체는 복수의 변환기 요소를 x,

y 및 z 축을 따라 조작하도록 구성되는 수동 제어부를 포함할 수 있다.

[0017] 일부 실시예에서, 제어부는 상대적인 경과 시간을 탐지하도록 구성된 알고리즘을 초음파 센서에 배치된 복수의 수신 변환기 요소에 대해서 실행한다. 다른 실시예에서, 제어부는 복수의 변환기 요소들 중 하나 이상으로부터 초음파 센서에 배치된 복수의 수신 변환기 요소로의 완전 전이(transit) 시간을 계산하도록 구성된 알고리즘을 실행한다. 일부 실시예에서, 제어부는 변환기 교정 데이터를 기초로 복수의 변환기 요소의 상대적인 위치를 계산하도록 구성된 알고리즘을 실행시킨다.

[0018] 일부 실시예에서, 시스템은 변환기 교정 데이터를 디스플레이하도록 구성된 그래픽 사용자 인터페이스를 더 포함한다.

[0019] 일부 실시예에서, 정렬 조립체는 복수의 변환기 요소를 포함하는 프로브를 홀딩하도록 구성된다.

[0020] 일부 실시예에서, 초음파 센서는 복수의 수신 변환기 요소를 포함한다.

[0021] 추가적인 실시예에서, 제어부는 수신된 초음파 펄스를 디지털화하고 그리고 저장하도록 구성된다.

[0022] 복수의 개구 초음파 프로브 내의 변환기 요소의 위치를 측정 및 보고하기 위한 시스템이 또한 제공되고, 그러한 시스템은 복수의 변환기 요소, 복수의 변환기 요소를 홀딩하도록 구성된 교정 조립체, 테스트 블록, 복수의 변환기 요소 중 하나 이상으로부터 테스트 블록을 통해서 초음파 펄스를 수신하도록 구성된 초음파 센서, 그리고 초음파 센서로부터의 데이터를 평가하고 그리고 변환기 교정 데이터를 제공하도록 구성된 제어부를 포함한다.

[0023] 일부 실시예에서, 테스트 블록은 음속이 공지된 액체로 채워진 탱크를 포함한다. 다른 실시예에서, 테스트 블록은 음속이 공지된 젤라틴형 물질로 채워진 탱크를 포함한다. 추가적인 실시예에서, 테스트 블록은 음속이 공지된 중실형(solid) 블록을 포함한다.

[0024] 일부 실시예에서, 교정 조립체는 제어부로부터의 변환기 교정 데이터를 기초로 복수의 변환기 요소의 상대적인 위치들을 자동적으로 결정하도록 구성된다.

[0025] 일 실시예에서, 제어부는 상대적인 경과 시간을 탐지하도록 구성된 알고리즘을 초음파 센서에 배치된 복수의 수신 변환기 요소에 대해서 실행한다. 다른 실시예에서, 제어부는 상대적인 경과 시간으로부터 완전한 전이 시간(complete transit time)을 계산하도록 구성된 알고리즘을 실행한다. 부가적인 실시예에서, 제어부는 변환기 교정 데이터를 기초로 복수의 변환기 요소의 상대적인 위치를 계산하도록 구성된 알고리즘을 실행한다.

[0026] 일부 실시예에서, 시스템은 변환기 교정 데이터를 디스플레이하도록 구성된 그래픽 사용자 인터페이스를 더 포함한다.

[0027] 다른 실시예에서, 시스템은 변환기 교정 데이터를 기록하도록 구성된 복수-개구 초음파 프로브내의 메모리를 더 포함한다.

[0028] 또한, 복수-개구 초음파 프로브 내의 변환기 요소들의 위치를 측정 및 정렬하기 위한 방법이 제공되고, 그러한

방법은 복수의 변환기 요소를 정렬 조립체 내에 장착하는 단계, 복수의 변환기 요소 중 하나 이상으로부터 테스트 블록을 통해서 초음파 펄스를 전송하는 단계, 초음파 센서를 이용하여 초음파 펄스를 수신하는 단계, 그리고 변환기 교정 데이터를 제공하기 위해서 제어부를 이용하여 초음파 센서로부터 수신된 초음파 펄스를 평가하는 단계를 포함한다.

[0029] 일부 실시예에서, 상기 방법은 변환기 교정 데이터를 기초로 복수의 변환기 요소를 정렬시키는 단계를 더 포함한다.

[0030] 다른 실시예에서, 그 방법은 변환기 교정 데이터를 기초로 복수의 변환기 요소를 자동적으로 정렬시키는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 그 방법은 변환기 교정 데이터를 기초로 복수의 변환기 요소를 수동적으로 정렬시키는 단계를 포함한다.

[0031] 일부 실시예에서, 제어부는 상대적인 경과 시간을 탐지하도록 구성된 알고리즘을 초음파 센서에 배치된 복수의 수신 변환기 요소에 대해서 실행한다. 다른 실시예에서, 제어부는 변환기 요소로부터 초음파 센서에 배치된 수신 변환기 요소로의 완전한 전이 시간을 계산하도록 구성된 알고리즘을 실행한다. 부가적인 실시예에서, 제어부는 변환기 교정 데이터를 기초로 복수의 변환기 요소의 상대적인 위치를 계산하도록 구성된 알고리즘을 실행한다.

도면의 간단한 설명

도 1은 2-개구 시스템을 도시한다.

도 2는 3-개구 시스템을 도시한다.

도 3은 메인 프로브에 대해서 전방향적인(omnidirectional) 프로브를 위치시키기 위해서 이용될 수 있는 설비(fixture)를 도시한 도면이다.

도 4는 2개 프로브에 대한 비-기구적인 링키지(non-instrumented linkage)를 도시한 도면이다.

도 5는 전송 및 수신 기능의 블록도로서, 여기에서 3개 어레이 복수 개구 초음파 변환기 및 관련 MAUI 전자장치가 호스트(host) 초음파 장치와 함께 사용되고, 이러한 실시예에서, 중심 프로브는 전송만을 위해서 사용되고 그리고 호스트 전송 프로브의 정상 작동을 모사(mimic)한다.

도 5a는 전송 및 수신 기능의 블록도로서, 여기에서 부가(add-on) 기구를 구비한, 주로 심장 용도를 위한, 2개 어레이 복수 개구 초음파 변환기 및 관련 MAUI 전자장치가 호스트 초음파 장치에 대한 부가물로서 사용되고, 이러한 경우에, 하나의 프로브는 전송만을 위해서 사용되고 그리고 호스트 전송 프로브의 정상 작동을 모사하며, 다른 프로브는 수신기로서만 작동한다.

도 6은 전송 및 수신 기능의 블록도로서, 여기에서 복수의 개구 초음파 변환기가 단지 복수의 개구 초음파 이미징(MAUI) 장치와 함께 사용되며, 독립형(stand-alone) MAUI 전자장치는 모든 개구 상의 모든 요소들을 제어하고, 임의 요소가 전송기 또는 옴니(omni)-수신기로서 사용될 수 있을 것이고, 또는 전송 및 수신 전체(full) 개구 또는 하위-어레이(sub-arrays)로 그룹화될 수 있으며, 이러한 도면에서 고주파가 중심 개구, 3개 개구 중 개구 2로부터 방출된다.

도 6a는 다른 중심 개구로부터, 이 도면에서는 3개 중 개구 3으로부터, 방출되는 고주파를 도시한 도면이다.

도 6b는 이용되는 2개의 개구를 도시한 도면으로서, 복수의 개구 초음파 변환기가 단지 복수의 개구 초음파 이미징(MAUI) 장치와 함께 사용되며, 이러한 도면에서, 고주파가 2개 중에서 개구 2로부터 방출된다.

도 6c는 이용되는 2개의 개구를 도시한 도면으로서, 복수의 개구 초음파 변환기가 단지 복수의 개구 초음파 이미징(MAUI) 장치와 함께 사용되며, 이러한 도면에서, 고주파가 2개 중에서 개구 1로부터 방출된다.

도 7a는 6개의 조정 스크류 및 어레이가 설치된 정밀 어레이 캐리어의 평면도이다.

도 7b는 어레이-센터링(centering) 가스켓에 의해서 지지되는 정밀 어레이 캐리어 내에서의 어레이의 길이방향 축 조정을 도시한 측면도이다.

도 7c는 어레이-센터링 가스켓에 의해서 지지되는 정밀 어레이 캐리어 내에서의 어레이의 횡방향 축 조정을 도시한 단부도이다.

도 8a는 정밀 어레이 캐리어의 평면도이다.

도 8b는 정밀 어레이 캐리어의 측면도(길이방향) 이다.

도 8c는 정밀 어레이 캐리어의 단부도(측방향) 이다.

도 9a는 센터링 가스켓이 정위치에 있는 상태에서 정밀 어레이 캐리어를 도시한 평면도이다.

도 9b는 센터링 가스켓이 정위치에 있는 상태에서 정밀 어레이 캐리어를 도시한 측면도이다.

도 9c는 센터링 가스켓이 정위치에 있는 상태에서 정밀 어레이 캐리어를 도시한 단부도(측방향) 이다.

도 9d는 센터링 가스켓이 정위치에 있는 상태에서 정밀 어레이 캐리어를 도시한 저면도이다.

도 10a는 반-시계방향 회전 축 조정 중의 정밀 어레이 캐리어내의 어레이를 도시한 평면도이다.

도 10b는 시계방향 회전 축 조정 중의 정밀 어레이 캐리어내의 어레이를 도시한 평면도이다.

도 11은 조직 등가 팬텀(tissue equivalent phantom; 2182)에 설치되고 정렬 중의 전송 및 수신 준비가 된 정밀 어레이 캐리어(2150)를 도시한 단부도이다.

도 12는 타겟(targets; 2167)의 단부를 볼 수 있는 상태에서 팬텀(2182)을 도시한 측면도이다.

도 13a는 (정밀 캐리어 어레이 조립체가 되도록) 정밀 변환기 수용기(receptacle) 내에 설치되고 정렬된 어레이를 구비하고 그리고 음향 댐핑(감쇠) 물질로 안정화된 캐리어 조립체의 평면도이다.

도 13b는 (정밀 캐리어 어레이 조립체가 되도록) 정밀 변환기 수용기 내에 설치되고 정렬된 어레이를 구비하고 그리고 음향 댐핑 물질로 안정화된 캐리어 조립체의 측면도이다.

도 14a는 정밀 변환기 헤드 수용기 내에 설치되고 정렬된 어레이를 구비하는 정밀 캐리어 어레이의 평면도로서, 음향 댐핑 물질이 셋팅되고 그리고 정렬 스크류가 제거된 상태로 도시한 도면이다.

도 14b는 정밀 변환기 헤드 수용기 내에 설치되고 정렬된 어레이를 구비하는 정밀 캐리어 어레이의 측면도로서, 음향 댐핑 물질이 셋팅되고 그리고 정렬 스크류가 제거된 상태로 도시한 도면이다.

도 14c는 정밀 변환기 헤드 수용기 내에 설치되고 정렬된 어레이를 구비하는 정밀 캐리어 어레이의 단부도로서, 음향 댐핑 물질이 셋팅되고 그리고 정렬 스크류가 제거된 상태로 도시한 도면이다.

도 15는 변환기 안내부(guides) 상부에 안착된 3개의 정밀 캐리어 어레이 조립체 및 노우즈 피스(nose piece) 또는 정밀 변환기 수용기를 도시한 도면이다.

도 16은 도 16에 도시된 3개의 정밀 캐리어 어레이 조립체 및 노우즈 피스 또는 정밀 변환기 수용기를 도시한 도면으로서, 노우즈 피스의 각각의 변환기 안내부에 안착된 초음파 변환기 어레이를 도시한 도면이다.

도 17은 3개의 독립적인 프로브 및 그 프로브들의 설치된 어레이 또는 변환기의 이용을 도시한 도면으로서, 위치적인 명칭 부여(nomenclature) 및 어레이 요소 숫자 부여 컨벤션(convention)을 나타내는 도면이다.

도 18a는 3개의 서로 상이한 축을 다른 운동을 제어하는 정밀 스테이지 조립체 및 섹션을 도시한 도면이다.

도 18b는 정밀 스테이지 조립체에 대한 제어를 도시한 도면이다.

도 19a는 우측 및 좌측 축방향 수중 청음기(hydrophone) 및 횡방향 수중 청음기를 포함하는 외장(enclosure)을 도시한 도면이다.

도 19b는 이중(dual) 축방향 수중 청음기를 축방향에서 도시하고 그리고 횡방향 수중 청음기의 각도 배향을 도시한 도면이다.

도 20은 수중 청음기 조립체의 상당히 위쪽에서, 그리고 유체 충진된 탱크 상부의 정밀 스테이지 조립체에 부착된 프로브를 도시한 도면이다.

도 21a는 거리 편차를 총 거리로 변환하기 시작하기 위해서 이용되는 기본적인 기하학적인 도형(geometry)을 도시한 도면이다.

도 21b는 3개의 수중 청음기를 이용하는 어레이 요소의 정밀 배치를 허용하기 위한 것으로서 거리 편차를 총 거리로 변환하기 시작하기 위해서 이용되는 구체적인 기하학적인 도형을 도시한 도면이다.

도 22는 복수의 개구 변환기 내로 설치된 후에 3개의 독립적인 어레이를 내장하는 노우즈 피스를 도시하고, 변환기 맞춤형(specific) 교정 칩, 전송 동기화 모듈 및 프로브 위치 변위 센서를 포함하여 도시한 도면이다.

도 23a는 테스트 중인 복수의 어레이의 요소들의 정밀한 배치를 허용하기 위해서 개발된 그래픽 사용자 인터페이스 또는 GUI를 도시한 도면이다.

도 23b는 좌측 및 우측 수중 청음기 사이에서 센터링되고, 횡방향 수중 청음기의 중심에서 초음파 비임을 이용하여 테스트 중인 요소들의 어레이를 결과적인 그래픽 사용자 인터페이스와 함께 도시한 도면이다.

도 23c는 테스트 중인 어레이를 도시한 도면으로서, 비임이 중심에 있으나 어레이가 중심 우측에 있고 그리고 결과가 그래픽 사용자 인터페이스에 디스플레이되는 것을 도시한 도면이다.

도 23d는 테스트 중인 어레이를 도시한 도면으로서, 상기 어레이가 물리적으로 중심 축선 상에 있으나 그 비임이 중심 좌측에 있고 그리고 결과가 그래픽 사용자 인터페이스에 디스플레이되는 것을 도시한 도면이다.

도 24는 자동 정밀 스테이지 조립체 및 그 주요 성분들을 도시한 도면이다.

도 25는 3개의 어레이 및 3개의 정밀 정렬 스테이지 조립체를 이용하여 테스트 중의 물리적 배치를 도시한 도면이다.

도 26a는 MAUI 독립형 시스템의 측부에 장착된 온보드(Onboard) 교정 및 품질 확인 설비를 도시하고, 평가된 MAUI 방사선(radiology) 프로브를 도시한 도면이다.

도 26b는 MAUI 심장용 프로브를 평가하는 온보드 교정 및 품질 확인 설비를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033]

복수의 개구 초음파 이미징(MAUI) 프로브 또는 변환기는 의료 분야에 따라서 변화될 수 있을 것이다. 즉, 범용적인 방사선 프로브는 환자의 피부와의 독립적인 물리적 접촉 지점을 유지하는 복수의 변환기를 포함할 수 있고, 그에 따라 복수의 물리적(physical) 개구를 허용할 수 있다. 심장용 프로브는 2개 정도의 적은 송신기 및 수신기를 포함하고, 이때 프로브는 둘 또는 세 이상의 능간 공간들 사이에 동시에 피팅된다(fits). 프로브의 강내(intracavity) 버전은 막대(wand)의 길이를 따라 전송 및 수신 변환기들을 간격을 두고 배치할 것이고, 정맥내(intravenous) 버전은 카테터(catheter)의 면 길이(distal length)를 따라 변환기들이 위치될 수 있게 그리고 단지 몇 밀리미터 만큼 분리되게 허용할 것이다. 모든 경우에, 어레이들의 요소들이 특별한 스캔 평면 내에 정렬되도록 복수의 개구 초음파 변환기들이 구성된다면, 복수의 개구 초음파 변환기의 운영이 크게 개선될 수 있을 것이다.

[0034]

본원 발명의 일 측면은 서로에 대해서 정렬되지 않을 복수의 변환기를 기능적으로 수용하는 복수의 개구 프로브를 구성하는 문제를 해결한다. 그러한 해결책은 분리된 요소들 또는 요소들의 어레이들을 알고 있는 스캔 평면 내로 정렬시키는 것을 포함한다. 분리는 물리적인 분리일 수 있고 또는 단순히 개념상의 분리일 수 있으며, 이때 요소들의 일부가 두(전송 또는 수신) 기능에 대해서 공유될 수 있다. 프로브의 케이싱의 구성에 포함되는지 또는 관절형 링키지를 통해서 수용되는지의 여부에 관계 없이, 또한 신체의 곡률을 수용하기 위해서 또는 비-반향성(non-echogenic) 조직 또는 구조물(예를 들어, 뼈)을 피하기 위해서 넓은 개구들의 경우에 물리적인 분리가 또한 중요할 것이다.

[0035]

임의의 단일의 전방향성 수신 요소(예를 들어, 단일 크리스탈 웨슬 어레이)가 신체의 2-차원적인 섹션을 재현(reproduce)하는데 필요한 정보를 수집할 수 있다. 일부 실시예에서, 초음파 에너지의 펄스가 특별한 경로를

따라서 전송되고; 전방향성 프로브에 의해서 수신된 신호가 메모리 라인 내로 기록될 수 있다. 기록을 위한 프로세스가 섹터 스캔 내의 모든 라인들에 대해서 완료되었을 때, 이미지 재구성을 위해서 메모리가 이용될 수 있다.

[0036] 다른 실시예에서, 음향 에너지는 가능한 한 넓은 2-차원적인 슬라이스(slice)로 의도적으로 전송된다. 그에 따라, 모든 비임 형성은 수신 어레이와 관련된 소프트웨어 또는 펌웨어에 의해서 달성되어야 한다. 이러한 것을 실시하는 것은 다음과 같은 몇 가지 이점을 가진다: 1) 전송 중에 엄격하게(tightly) 포커싱할 수 없는데, 이는 전송 필스가 특별한 깊이에서 포커싱되어야 할 것이기 때문이고 그리고 다른 깊이들에서 다소 포커싱을 벗어날 것이기 때문이고, 그리고 2) 전체 2-차원적인 슬라이스가 단일 전송 필스로 고주파 발사될 수 있다.

[0037] 전방향성 프로브는 신체 상의 또는 신체 내의 거의 모든 곳에 배치될 수 있고, 예를 들어 복수의 공간 또는 늑간 공간, 흉골상절흔(suprasternal notch), 하연 원도우(substernal window), 복부 및 신체의 다른 부분을 따른 복수의 개구 내에, 장내 프로브 상에 또는 카테터의 단부 상에 배치될 수 있다.

[0038] 장치에서 사용된 개별적인 변환기 요소의 구성은 복수-개구 시스템에서의 사용으로 제한되지 않는다. 전체적인 해상도 및 시야(field of view)를 개선하기 위해서, 임의의 하나, 1과 1/2, 또는 2차원적인 크리스탈 어레이 (1D, 1.5D, 2D, 예를 들어 압전 어레이) 및 모든 타입의 용량성 미세가공된 초음파 변환기(CMUT)가 복수-개구 구성에서 이용될 수 있을 것이다.

[0039] 변환기들은 이미지 평면 상에서, 그로부터 벗어나서, 또는 임의의 조합으로 배치될 수 있다. 이미지 평면으로부터 멀리 배치되었을 때, 옴니-프로브 정보를 이용하여 스캐닝되는 섹터의 이미지 두께를 좁히기 위해서 이용될 수 있을 것이다. 동일한 스캔 평면 내로부터 수집되었을 때, 2차원적인 스캐닝된 데이터가 이미지 해상도를 최적으로 개선할 수 있고 그리고 노이즈 감소를 산개(speckle)시킬 수 있다.

[0040] 복수의 개구로부터의 프로브를 이용함으로써, 초음파 이미징에서의 크게 개선된 측방향 해상도가 달성될 수 있다. 조직내의 음속 변화에 대한 보상에 의해서 큰 효과의 개구(몇 개의 하위-개구들의 전체 개구)가 실현될 수 있을 것이다. 이는 증대된 개구가 유해하기 보다는 효과적이 되도록 하는 몇 가지 방식들 중 하나에 의해서 달성될 수 있다.

[0041] 가장 단순한 복수-개구 시스템은 도 1에 도시된 바와 같이 2개의 개구로 구성된다. 하나의 개구 전체가 전송 요소(110)를 위해서 이용될 수 있고 다른 개구는 수신 요소(120)를 위해서 이용될 수 있다. 전송 요소들은 수신 요소들과 함께 산재(intersperese)될 수 있고, 일부 요소들은 전송 및 수신 모두를 위해서 사용될 수 있을 것이다. 이러한 예에서, 프로브는 이미지화되는 조직(130)에 대한 2개의 서로 상이한 시선(lines of sight)을 가진다. 즉, 그들은 피부(140)의 표면 상에서 2개의 분리된 물리적 개구를 유지한다. 복수의 개구 초음파 변환기는 피부 표면으로부터의 사용으로 제한되지 않고, 그들은 장내 및 정맥내 프로브를 포함하여 신체내 또는 신체상 어디에서도 사용될 수 있을 것이다. 전송/수신 프로브(110)에서, 개별적인 요소들(T_{x1} 내지 T_{xn})의 위치가 3개의 서로 다른 축을 따라 측정될 수 있다. 이러한 도면에는, x 축(150)에 수직인 프로브가 도시되어 있으며, 각각의 요소는 서로 상이한 위치 x 및 y 축(160) 상의 동일한 위치 y를 가질 것이다. 그러나, 프로브(120) 내의 요소들의 y 축 위치는 서로 다를 것인데 이는 아래로 각을 이루기 때문이다. z 축(170)은 (도면의) 지면의 내외로 연장하고 그리고 요소가 스캔 평면의 내에 또는 외부에 있는지의 여부를 결정하는데 있어서 매우 중요하다.

[0042] 도 1을 참조하면, 초음파 전송 요소($T_1, T_2, \dots, T_n; 110$)을 포함하는 전송 프로브 및 초음파 수신 요소($R_1, R_2, \dots, R_m; 120$)을 포함하는 수신 프로브(120)가 검사되는 (인간의 또는 동물의) 신체의 표면 상에 배치된다고 가정 한다. 양 프로브는 동일한 스캔 평면에 대해서 감응할 수 있을 것이고, 그리고 각 프로브의 각 요소의 기계적

인 위치가 프로브들 중 하나와 같은 공통 기준에 대해서 정밀하게 알려진다. 일 실시예에서, 전송 요소(예를 들어, T_{x1})를 이용하여 이미지화되는 전체 영역(예를 들어, 심장, 기관, 종양, 또는 신체의 다른 부분)에 대해서 고주파 발사를 함으로써, 이어서 전송 프로브 상의 요소(예를 들어, T_{x2}, \dots, T_{xn})를 아래로 "이동"시킴으로써 (walking down) 그리고 전송 요소들 각각을 이용하여 이미지화되는 영역으로 고주파를 발사함으로써 초음파 이미지가 생성될 수 있다. 개별적으로, 각각의 전송 요소로부터 취해진 이미지들은 높은 해상도의 이미지를 제공할 수 있을 정도로 충분치 못하나, 모든 이미지들의 조합은 이미지화되는 영역의 높은 해상도 이미지를 제공할 수 있을 것이다. 이어서, 좌표(i, j)에 의해서 표시되는 스캐닝 지점의 경우에, 특정 전송 요소(T_{xn})로부터 (i, j)(130)에서의 요소까지의 거리 "a" 더하기 해당 지점으로부터 특정 수신 요소까지의 거리 "b"의 총 거리를 계산하는 것은 간단할 것이다. 이러한 정보를 이용하여, 주어진 장소에 대한 모든 지점들에 대한 에코 진폭을 추적함으로써 진폭(amplitude) 및 산란(scatter) 위치의 맵을 렌더링(rendering; 묘사)하기 시작할 수 있을 것이다.

[0043] 다른 복수-개구 시스템이 도 2에 도시되어 있고 그리고 3개 개구 내의 변환기 요소들로 구성되어 있다. 하나의 개념에서, 중심 개구(210) 내의 요소가 전송을 위해서 이용될 수 있고 그리고 좌측 개구(220) 및 우측 개구(230) 내의 요소들이 수신을 위해서 이용될 수 있을 것이다. 다른 가능성에 따라, 음속 변화에 대한 보상이 보다 복잡해질 것이지만, 모든 3개의 개구 내의 요소들이 전송 및 수신 모두를 위해서 사용될 수 있을 것이다. 이미지화되는 조직(240) 주위로 요소들 또는 어레이들을 배치하는 것은 단순히 조직 상부의 위쪽에 하나의 프로브(210) 만을 가지는 것 보다 훨씬 더 많은 데이터를 제공한다.

[0044] 본원 명세서에 기재된 복수-개구 초음파 이미징 방법은 모든 요소의 위치가 알려질 수 있게 허용하고 그리고 그러한 위치들을 프로브(120)가 부착되는 임의의 새로운 장치로 보고할 수 있게 허용하는 프로브 장치에 의존한다. 도 3 및 도 4는 데이터를 수집하기 위해서, 반대로 메인 프로브가 수신기가 되는 경우에 송신기로서 작용하도록, 어떻게 하나의 옴니-프로브(310 또는 410)가 메인 변환기(페이즈드 어레이 또는 기타)에 부착될 수 있는지를 도시한다. 이들 양 실시예에서, 옴니-프로브는 이미 스캔 평면과 정렬된다. 그에 따라, x 및 y 위치(350)만을 계산하고 그리고 프로세서로 전송하면 된다. 또한, 보다 양호한 횡방향 포커싱을 위해서 스캔 평면 외부의 옴니-프로브(310 또는 410)를 이용하여 프로브를 구성할 수도 있을 것이다.

[0045] 옴니-프로브 장치의 일 측면은 고주파 방출 프로브 전송 변환기(320 및 420)로부터 멀리 위치된 독립적이고 상대적으로 비-방향성인(non-directional) 수신 변환기(310 및 410)로부터의 복귀 반향을 포함하고, 상기 비-방향성 수신 변환기는 고주파 방출 프로브와 상이한 음향 윈도우 내에 위치될 수 있을 것이다. 이러한 목적을 위해서 넓은 시야에 대해서 감응하도록 전방향성 프로브가 디자인될 수 있을 것이다.

[0046] 옴니-프로브에서 탐지되는 에코가 개별적으로 디지털화되고 저장될 수 있을 것이다. 옴니-프로브(도 1에서의 310 또는 도 4에서의 410)에서 탐지되는 에코가 고주파 방출 변환기로부터의 모든 펄스에 대해서 독립적으로 저장된다면, 놀랍게도 전체적인 2-차원적인 이미지가 하나의 옴니로부터 수신된 정보로부터 형성될 수 있다. 이미지의 부가적인 카피(copies)는 고주파 펄스의 동일한 세트로부터의 데이터를 수집하는 부가적인 전방향성 프로브에 대해서 형성될 수 있을 것이다.

[0047] 도 5에서, 전체 프로브는, 함께 조립되었을 때, 부가 장치로서 이용된다. 이는 부가 기구 또는 MAUI 전자장치(580) 그리고 호스트 초음파 시스템(540) 모두에 연결된다. 중심 어레이(510)가 전송만을 위해서 이용될 수 있다. 아웃트리거(outrigger) 어레이(520 및 530)가 수신만을 위해서 사용될 수 있고 그리고 여기에서는 표면 라인(550)의 상부에 도시되어 있다. 그에 따라, 산란장치(570)의 반사된 에너지가 아웃트리거 어레이(520 및 530)에 대해서 단지 수신될 수 있다. 아웃보드 어레이(520 및 530)의 각도화가 각도 (α_1)(560) 또는 (α_2)(565)로서 도시되어 있다. 다양한 깊이 또는 시야를 위한 최적 비임형성을 달성하기 위해서 이들 각도를 변화시킬 수 있다. 아웃보드 어레이의 경우에 α_1 및 α_2 가 종종 동일하지만, 반드시 그래야 하는 것은 아니다.

MAUI 전자장치는 각도를 분석하고 그리고 비대칭적인 구성을 수용할 수 있다. 도 5a는 전송을 위해서 사용되는 우측 변환기(510)를 도시하고 있고, 그리고 다른 변환기(520)는 수신을 위해서 사용된다.

[0048] 프로브와 함께 사용된 복수의 개구 초음파 이미징 시스템(MAUI 전자장치)(640)이 자체적인 온보드 전송기를 구비한 단독형 시스템이라는 것(즉, 호스트 초음파 시스템이 이용되지 않는다)을 제외하고, 도 6은 도 5와 상당히 유사하다. 이러한 시스템은 전송 또는 수신을 위해서 임의 변환기(610, 620, 또는 630) 상의 임의 요소를 이용할 수 있을 것이다. 아웃보드 어레이(610 및 630)의 각도화가 각도(a)(660)로 도시되어 있다. 여러 깊이 또는 시야에 대한 최적의 비임형성을 달성하기 위해서, 이러한 각도가 변경될 수 있다. 아웃보드 어레이의 경우에 각도가 종종 동일하지만, 반드시 그래야 하는 것은 아니다. MAUI 전자장치는 각도를 분석하고 그리고 비대칭적인 구성을 수용할 수 있다.

[0049] 이러한 설명에서, 전송된 에너지는 개구 2 내의 요소(620) 또는 요소들의 작은 그룹으로부터 기원하고 그리고 산란장치(670)로부터 모든 개구 내의 모든 다른 요소로 반사된다. 그에 따라, 수신된 에너지의 전체 폭(690)이 개구 1의 가장 외측의 요소(610)로부터 개구 2의 가장 외측의 요소(630)까지 연장한다. 도 6a는 전송하는 우측 어레이(610), 그리고 수신하는 총 3개의 어레이(610, 620 및 630)를 도시한다. 도 6b는 전송하는 좌측 어레이(610) 상의 요소 및 수신하는 우측 어레이(620) 상의 요소를 도시한다. 전송을 위한 하나의 변환기만을 이용하는 것은 편평한 층내의 변동으로 인한 왜곡 배제와 관련한 이점을 가진다. 독립형 시스템에서, 전송 및/또는 수신 요소들이 2개의 또는 3개 모두의 개구 내에서 혼합될 수 있다.

[0050] 프로브와 함께 사용된 복수의 개구 초음파 이미징 시스템(MAUI 전자장치)(640)이 자체적인 온보드 전송기를 구비한 단독형 시스템이라는 것을 제외하고, 도 6b는 도 5a와 상당히 유사하다. 이러한 시스템은 도 6c에 도시된 바와 같이 전송 또는 수신을 위해서 임의 어레이(610 또는 620) 상의 임의 요소를 이용할 수 있을 것이다. 도 6b 또는 도 6c에 도시된 바와 같이, 전송 어레이는 타겟으로부터 벗어나는 각도를 제공하고, 2개의 수신 전용 변환기가 기여하는 것과 같은 방식으로, 이는 집합적인 개구 폭(690)에 부가한다.

[0051] 본원 명세서에 기재된 실시예는 범용 복수 개구 초음파 변환기의 적절한 정렬을 위한 정밀 캐리어를 포함한다. 도 7a-7c를 참조하면, 변환기 어레이(2161)는 렌즈(2162)를 손상시키지 않고 자체의 설비(2161) 내에 미리 "포트 형성(potted)" 될 수 있을 것이다. 포트 형성 과정은 변환기 어레이를 렌즈에 그리고 케이스에 고정하기 위한 통상적인 방법이다. 포트 형성 과정이 완료된 후에, 보다 큰 복수의 개구 초음파 변환기는 설비에 대한 가요성 회로 연결, 케이블링, 및 부착이 이루어질 수 있다. 본원 발명의 이점은 정렬 동안에 동일한 변환기들을 이용할 필요가 없다는 것이다. 정렬 캐리어의 가요성으로 인해서, 서로 다른 "포트"를 가지는 서로 다른 변환기들이 정렬 설비의 임의 위치에서 이용될 수 있다.

[0052] 도 8a-c는 복수의 개구 초음파 변환기 어레이를 위한 정밀 캐리어(2150)의 실시예의 기본적인 구조 및 특징을 도시한 도면이다. 도 8a는 6개의 위치결정 스크류(2151)와 함께 정밀 어레이 캐리어(2150)를 도시한 도면이다. 도 8b는 각 측부에 2개의 나사형 스크류 홀(2180)을 가지는 정밀 어레이 캐리어(2150)를 도시한 도면이다. 위치결정 스크류(2151)가 나사형 스크류 홀(예를 들어, 도 7b의 스크류 홀(2155 및 2156) 내로 삽입될 때, "안착된" 어레이에 대한 길이방향 교정(2159)을 실시하기 위한 조정이 이루어질 수 있다. 도 8c은 각 단부에 위치된 나사형 스크류 홀(2180)과 함께 정밀 캐리어(2150)를 도시한 측면도이다. 위치결정 스크류들이 이를 나사형 스크류 홀 내로 삽입될 때, "안착된" 어레이에 대한 측방향 교정(2160)을 실시하기 위한 조정이 이루어질 수 있다(도 7c에 도시된 바와 같음).

[0053] 도 9a-9d는 어레이-센터링 가스켓(2152)이 설치된 상태로 정밀 어레이 캐리어(2150)를 도시한다. 도 9a는 정밀 캐리어(2150)의 평면도이며, 여기에서 어레이-센터링 가스켓(2152)은 렌즈(2162)가 중심에 위치되는 캐리어의 하부에 위치된다. 도 9b-9d는 각각 캐리어의 측면도, 단부도 및 저면도이다. 도 7b에 도시된 바와 같이, 어레이-센터링 가스켓(2152)이 캐리어의 L 형상 쇼울더(2181) 상에 위치된다. 도 9b에서, 가스켓(2152)이 L 형상

쇼울더(2181)에 걸친 캐리어의 전체 길이로 연장된다. 도 9c에 도시된 바와 같이, 가스켓(2152)은 L 형상 쇼울더(2181)의 모서리 주위로 연장하여 캐리어의 단부를 커버한다. 가스켓은 렌즈(2162)의 무결성(integrity)을 손상시키지 않고 작동 중에 위치 조정을 하기 위한 피봇점 및 어레이의 병진적(translational) 센터링을 제공한다. 도 9d는 렌즈(2162), 정밀 캐리어 어레이 센터링 가스켓(2152)의 하부, 및 마지막으로 L 형상 쇼울더(2181)를 도시한다.

[0054] 어레이(2161)가 내부로 삽입된 정밀 어레이 캐리어(2150)의 평면도, 단부도, 및 측면도인 도 7a-7c를 다시 참조 한다. 어레이(2161)는 위치결정 스크류(2155 및 2156)에 의해서 단부-대-단부 지지된다. 어레이는 위치결정 스크류(2153, 2154, 2157, 2158)에 의해서 각 측부로부터 그리고 어레이-센터링 가스켓(2152)에 의해서 하부로부터 지지될 수 있다. 도 7b는 정밀 어레이 캐리어(2150) 내의 어레이(2161)가 어레이-센터링 가스켓(2152)에 의해서 지지되고 그리고 길이방향으로 조정될 수 있는 것을 도시한다. 그 대신에, 위치결정 스크류(2155 및 2156)의 조임 및 풀림에 의해서, 어레이(2161)가 아아크(2159)를 통해서 조정되어 길이방향 축 오류를 교정할 수 있게 된다. 도 7c는 횡방향 정렬을 위해서 준비된 어레이 센터링 가스켓(2152)에 의해서 지지되는 정밀 어레이 캐리어(2150) 내의 어레이(2161)를 도시한다. 그 대신에, 위치결정 스크류 쌍(2157, 2158 및 2153, 2154)의 조정에 의해서 어레이(2161)가 횡방향 축선 오류에 대해서 교정될 수 있을 것이다.

[0055] 도 10a 및 10b는 어레이(2161)가 삽입된 정밀 어레이 캐리어(2150)를 도시한 평면도이다. 화살표는 선택적인 스크류 조정에 의한 반-시계방향 및 시계방향 회전 조정을 각각 나타낸다. 도 10a는 위치결정 스크류(2153 및 2158)의 조임 및 위치결정 스크류(2154 및 2157)의 풀림이 어레이(2161)를 반-시계방향 아아크(2165)를 따라 이동시켜 회전 축 오류를 교정하는 것을 도시한다. 도 10b는 어레이(2161)를 시계방향 아아크(2166)를 따라서 이동시켜 회전 축 오류를 교정하기 위한 위치결정 스크류(2154 및 2157)의 조임 및 위치결정 스크류(2153 및 2158)의 풀림을 도시한다.

[0056] 도 11은 테스트 블록(2182) 또는 조직 등가 팬텀에 설치되고 정렬 동안의 전송 및 수신을 위해서 준비된 정밀 어레이 캐리어(2150)를 도시한 단부도이다. '팬텀'은 팬텀 내의 알고 있는 위치에 배치된 반사부들 및 알고 있는 공동(voids)을 가지는 인간의 조직의 음속과 유사한 음속 특성을 가지는 조직 등가 물질로 채워진 구조물이다. 이러한 팬텀의 단부도는 3개 타겟(2167)을 포함하는 하나의 실시예를 프로파일 도면으로 도시한다. 이들 타겟은 반향성(echogenic), 고 반사성(very reflective) 또는 무향성(anechoic), 무반사성(void of reflection)일 수 있다. 상부 타겟은 캐리어(2150)의 면(face) 및 팬텀의 표면으로부터의 소정(所定)의 깊이(D)에 있을 수 있다. 다른 타겟이 상부 타겟으로부터 거리(D1 및 D2)의 간격을 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 소정 깊이(D)는 상부 타겟으로부터 어레이의 면까지 100 mm일 수 있다. 다른 타겟은 예를 들어 10 mm의 D1 및 D2 거리를 가질 수 있다. 그러나, 변환기 어레이의 희망하는 용도에 따라서, 타겟(2167)에 대한 깊이의 임의 범위도 이용될 수 있을 것이다. 수직 타겟(2167)은 어레이 위치결정의 길이방향 조정 중에 보조하는 역할을 한다. 정확하게 위치되었을 때, 3개의 타겟은 어레이의 정면(front)에 대해서 정확하게 수직인 것을 디스플레이 이될 것이고, 그리고 추가적으로, 각 타겟(2167)이 서로의 위쪽에 동일한 간격으로 디스플레이될 것이다.

[0057] 도 12는 타겟(2167)의 단부들이 보여질 수 있는 상태로 팬텀(2182)의 측면을 도시한 도면이다. 전송되고 수신되면, 측방향 조정이 캐리어(2150) 내의 어레이(2163)에 대해서 이루어질 수 있을 것이다. 모든 타겟들이 중심 타겟(2168)의 위와 아래에서 보여질 수 있을 때, 정확한 정렬이 달성된 것이다.

[0058] 도 13a-13c 어레이(2161)가 삽입되고 정렬된 상태로 정밀 어레이 캐리어(2150)를 도시한 평면도, 측면도 및 단부도이다. 이러한 스테이지에서, 음향 댐핑 물질(2162)이 어레이와 캐리어 사이의 캡으로 주입되어 어레이(2161)의 위치를 안정화시킬 수 있다. 도 13b는 정밀 어레이 캐리어(2150)의 측면도로서, 어레이(2161)와 정밀 어레이 캐리어(2150) 사이의 캡이 음향 댐핑 물질(2162)로 채워진 것을 도시한다. 도 13c는 어레이(2161)와 정밀 어레이 캐리어(2150) 사이의 캡이 음향 댐핑 물질(2162)로 채워진 것을 도시한다.

- [0059] 도 14a ~ 14c는 어레이(2161)가 삽입되고 정렬된 상태로 정밀 어레이 캐리어(2150)를 도시한 평면도, 측면도 및 단부도이다. 음향 댐핑 물질(2162)이 경화되고 그리고 6개의 정렬 스크류(2151)가 제거되었다. 도 14b는 어레이(2161)가 삽입되고, 정렬되며, 음향 댐핑 물질(2162)이 경화되고 그리고 위치결정 스크류가 제거된 상태에서 정밀 어레이 캐리어(2150)를 도시한 측면도이다. 이러한 지점에서, 어레이가 캡처링된(captured) 정밀 어레이 캐리어(2150)는 정밀 캐리어 어레이 조립체(2163)가 된다.
- [0060] 도 15는 구조적 지지부(2164)에 의해서 둘러싸인 정밀 변환기 수용기로 구성된 복수-개구 초음파 프로브 조립체(2183)를 도시한다. 구조적 지지부(2164)는 많은 경질 물질(예를 들어, 금속 또는 플라스틱)로 구성될 수 있고 그리고 일반적으로는 도 22 내의 프로브(2200)와 같이 보다 큰 구조물로 구축된다. 도 15에서, 3개의 정밀 캐리어 어레이 조립체(2163)가 정밀 변환기 수용기(2166) 내로 삽입된다.
- [0061] 도 16은 각각이 리셉터를 내로 록킹되어(locked) 3개의 변환기 어레이를 가지는 복수-개구 초음파 프로브(2184)의 구성을 완료한 상태에서 정밀 변환기 수용기(2166)를 가지는 복수-개구 프로브 조립체(2183)를 도시한다.
- [0062] 도 22는 교정 사이클을 받을 준비가 되고 그리고 어레이 수용기 내에 끼워진 어레이(1701, 1702, 및 1703)와 함께 완성된 프로브(2200)를 도시한다.
- [0063] 이하에서는, 복수-개구 초음파 프로브를 구성하고 정렬하기 위한 대안적인 장치 및 방법에 대해서 설명한다. 전술한 바와 같이, x, y 및 z 축을 중심으로 하는 고주파 방출 및 수신 프로브 모두의 초음파 비임 변위 및 회전의 변동이 반드시 탐지되고 교정되어야 한다. 복수-개구 프로브를 정렬시키기 위한 MAUI 정렬 설비는 하나 또는 둘 이상의 정밀 각도 정렬 제어부, 즉 테스트 중인 각 어레이의 6 자유도로 조정을 제공하는 정밀 스테이지 조립체를 이용한다.
- [0064] 복수-개구 이미징 시스템 제조시의 실질적인 큰 어려움 중 하나는, 앞서서 개략적으로 설명한 바와 같이, 복수의 어레이의 요소들을 정밀하게 정렬시켜야 할 필요가 있다는 것이다. 하나 이상의 프로브 헤드를 포함하여 그리고 이미지 렌더링을 위해서 모든 프로브의 요소들을 이용하여 프로브 시스템의 유효 개구를 증대시킴으로써, 이미지의 측방향 해상도가 크게 개선될 수 있다는 것을 잘 인지하고 있다. 이미지 렌더링에서, 모든 요소의 상대적인 위치들을 정밀하게 알고 있어야 한다. 선택적으로, 만약 프로브 시스템이 위치 및 회전 조정을 가진다면, 모든 요소들이 스캔의 동일 평면 내에 위치되도록 하기 위해서 그리고 스캔의 동일 평면 내에서 전송 및 수신하기 위해서 디스플레이가 제공된다.
- [0065] 도 17은 단일 쉘(shell) 내에 조립되지는 않았지만 복수-개구 변환기로서 함께 작용하는 3개의 프로브(1701, 1702, 및 1703)를 포함하는 프로브 시스템(1700)을 도시한다. 이는 다중 개구 변환기의 표준 실시예가 아니나, 어레이 정렬을 설명하는데 도움을 주는 역할을 한다. 복수-개구 변환기는 임의 수의 어레이(1710, 1720, 1730(둘 또는 셋 이상), 또는 개별적인 요소들을 포함할 수 있다. 실질적인 이유로, 프로브들의 어레이가 많은 수의 요소들로 용이하게 제조될 수 있고 그리고 헤드 내의 요소 간격이 양호하게 제어될 수 있을 것이다. 만약 각 프로브의 단부 요소들을 정확하게 위치시킬 수 있다면, 다른 요소들의 위치를 암시할 수 있을 것이다. 그에 따라, 요소들의 위치를 찾는(find) 설비에 대해서 설명한다. 이러한 장치는 어레이의 내부 또는 외부에서 독립적인 요소의 정확한 위치를 결정할 수 있고; 그러나, 어레이들이 통상적으로 선형 포맷으로 구성되기 때문에, 본원 명세서에 기재된 실시예들은 단부 요소들을 단지 식별한다.
- [0066] 도 17에서, 이러한 단부 요소들은 요소 번호 0 내지 5로 표시되고, 이때 0 및 1은 어레이(1710)의 단부 요소들이고, 2 및 3은 어레이(1720)의 단부 요소들이고, 그리고 4 및 5는 어레이(1730)의 단부 요소들이다. 임의의

중간 요소들이 이하에서 설명하는 바와 같이 동일한 방식으로 위치될 수 있다.

[0067] 정밀 정렬 스테이지 조립체가 도 18a에 도시되어 있다. 조립체(1801)의 가장 좌측 영역은 도 17의 '1701'과 같은 단일 프로브의 기계적인 연결을 허용한다. 정밀 정렬 스테이지 조립체는 x, y 및 z 축 내의 부착된 어레이의 위치를 제어하는 3개의 독립적인 기구(1801, 1802 및 1803)를 가진다. 몇 개의 정렬 스테이지 조립체가 협력적으로 이용되어 다중 프로브 어레이가 독립적으로 조작될 수 있다. 도 18b에 의해서, 운전자가 제어부(1805, 1806, 1807, 1808) 및 베어링(1809)에 의해서 임의 축 내의 어레이를 조작할 수 있게 된다. 정밀 스크류(1804, 1805, 1806, 1807, 및 1808)가 조정될 수 있고, 그리고 베어링(1809)이 정렬 프로세스 동안에 어레이에 대한 하나 또는 둘 이상의 축에 영향을 미치기 위해서 회전될 수 있다.

[0068] 도 25는 정밀 정렬 스테이지(2510, 2520 및 2530)에 일렬로(in line) 부착되는 어레이(1710, 1720 및 1730)를 도시한다. 어레이들이 정위치에 설정된 상태에서, 그 어레이들은 공통되는 관심 지점으로 전달할 수 있고 그리고 그들의 충돌(impact) 지점들을 다른 어레이와 비교한다.

[0069] 도 20은 탱크 또는 테스트 블록(2012) 위쪽의 정렬 스테이지 조립체에 부착된 도 17의 프로브(1701, 1702 및 1703)를 도시한다. 유체에 대한 음속을 알고 있으면, 제조 및 안전성 측면에서 바람직한 임의의 액체, 유체, 젤, 고체 또는 기타 매체(2014)로 채워질 수 있다. 탱크는 정렬 스테이지 조립체에 대한 장착 위치를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 도 20에 도시된 바와 같이, 변환기 요소들을 유지하는 복수의 정렬 스테이지 조립체가 테스트 블록에 장착될 수 있다. 이러한 위치로부터, 임의의 어레이의 요소로부터의 초음파 펄스가 탱크(2012)의 다른 단부에서 초음파 센서 또는 수중 청음기(2085)에 의해서 수신될 수 있을 것이다.

[0070] 도 19a-19b를 참조하면, 복수-축 초음파 센서 또는 수중 청음기(2085)를 이용하여 테스트 중인 단일 어레이 또는 복수 어레이의 각 요소의 X, Y 및 Z 위치를 탐지할 수 있을 것이다. 복수-축 수중 청음기(2085)는 횡방향 수중 청음기(2086), 그리고 우측 및 좌측 수중 청음기(2087 및 2088)를 포함할 수 있다. 타격되는 프로브(1701, 1702 및 1703)에 대한 공통 타겟은 우측 수중 청음기(2087) 상의 요소(2091, 2092 및 2093)가 된다. 좌측 수중 청음기(2088) 상에서, 요소(2094, 2095, 및 2096)가 타겟이 된다.

[0071] 이제, 도 19a, 19b 및 20을 참조하여, 복수 개구를 정렬 및 교정하기 위한 기본적인 기술을 설명한다. 프로브는 초음파 펄스를 전송하기 위해서 임의의 변환기 요소를 여기시키도록 구성된 신호 발생기에 부착될 수 있다. 양호한 자동상호연관(autocorrelation) 특성(예를 들어, 긴 주파수 스윕(long frequency sweep), 또는 '첩' 과형, 짧은 (광대역) 펄스, 확산(spread) 스펙트럼 과형 등)을 나타내는 초음파 신호가 어레이(1710, 1720 및 1730) 내의 하나 이상의 요소로부터 전송된다. 전송된 초음파 신호는 테스트 블록을 통해서 이동될 수 있고 그리고 수신 수중 청음기 변환기 요소(2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096) 및 횡방향 수중 청음기(2086)에 의해서 수신될 수 있다. 수중 청음기 어레이에 의해서 수신될 때 초음파 신호 또는 펄스의 탐지가 프로브 요소에 임프레싱되는(impressed) 신호와의 교차 상관(cross correlation)에 의해서 충분히 정확하게 탐지될 수 있는데, 이는 프로브 요소 자체가 신호를 왜곡하기 때문이다.

[0072] 2가지 혁신적인 기술을 이용하여, 상대적인 시간 지연 및 그에 따른 상대적인 거리를 구하는데 있어서 요구되는 정확도를 획득할 수 있다. 제 1 기술은 수중 청음기의 하나의 요소(예를 들어, 2091)에서 수신된 신호와 동일한 수중 청음기의 다른 요소(예를 들어, 2093)에서 수신된 신호 사이의 교차 상관을 이용하는 것이다. 상관 피크는 시간 편차를 제공할 것이고 그에 따라 거리 편차를 제공할 것이다.

[0073] 제 2 기술은 단순한 샘플링 간격 대신에 보다 양호한 시간 해상도(resolution)를 획득하기 위해서 수신된 과형의 샘플들 사이에서 내삽.interpolate)하는 것이다. 아마도 이를 두 가지 과제를 동시에 달성할 수 있는 가장 좋은 방법은 양(both) 신호의 푸리에(Fourier) 변환을 취하고, 보다 큰 변환의 고주파 성분에 대해서 영을 채우

는 것이다(fill in zeros). 이러한 보다 큰 변환(FFT1 및 FFT2)을 요청(call)한다. 이어서 (FFT1* (FFT2의 결례(conjugate)))의 역 변환의 피크를 구한다.

[0074] 거리 편차(differential distance)를 전체 거리로 변환하기 위한 제 3 기술이 필요하다. 도 21a의 삼각형 bce를 참조하면, 꼭지점(b)은 위치를 계산할 필요가 있는 요소들 중 하나를 나타내고, c 및 e는 물 탱크 바닥의 알고 있는 기준 지점이다. 삼각측량(triangulation)에 의해서 거리(d_4 및 d_0)를 측정하는 것이 요구되나, d_0 와 d_4 사이의 편차를 단순히 아는 것은 충분하지 않다. 횡방향 수중 청음기(도 19a의 2086 참조)를 탱크의 하부에 부가함으로써, 2개의 삼각형을 얻을 수 있고, 그로부터 d_0 및 d_4 를 계산할 수 있다. e, d 및 c를 도 19a의 수중 청음기(2094, 2095 및 2096 또는 2091, 2092 및 2093) 위치가 되게 한다.

[0075] 이하의 분석을 위해서, 수중 청음기(2094, 2095 및 2096)는 수중 청음기(2091, 2092 및 2093)에 의해서 형성된 라인과 동일한 라인 및 평행한 라인에 반드시 있어야 한다. 2094와 2095 사이의 거리를 d_1 이라 하고, 2095와 2096 사이의 거리를 d_3 라 한다. d_1 및 d_3 는 반드시 정확하게 알고 있어야 하는데, 이는 이것이 다른 측정에 대한 기준 "척도(yardstick)"가 되기 때문이다. 2095는 2094와 2096LN 사이에서 대략적으로 센터링되어야 하나, d_1 이 d_3 와 같을 필요는 없다. 동일한 요건이 R_o , R_c , 및 R_N 에 적용된다.

[0076] d_2 를 기준 거리로 하고 그리고 측정 거리를 다음과 같이 규정한다:

$$d_{2m} = d_2 - d_2 = 0$$

$$d_{0m} = d_0 - d_2$$

$$d_{4m} = d_4 - d_2$$

[0077]

[0078] 다음과 같이 코사인 법칙을 이용한다.

$$d_4^2 = d_2^2 + d_3^2 - 2 d_3 d_2 \cos\alpha$$

$$d_0^2 = d_2^2 + d_1^2 - 2 d_1 d_2 \cos(\pi - \alpha) = d_2^2 + d_1^2 + 2 d_1 d_2 \cos\alpha$$

$$\cos\alpha = (d_4^2 - d_2^2 - d_3^2) / (-2 d_3 d_2) = (d_0^2 - d_2^2 - d_1^2) / (2 d_1 d_2)$$

$$d_4^2 - d_2^2 - d_3^2 = -(d_0^2 - d_2^2 - d_1^2) d_3/d_1$$

$$(d_{4m} + d_2)^2 - d_2^2 - d_3^2 + (d_{0m} + d_2)^2 d_3/d_1 - d_2^2 d_3/d_1 - d_1 d_3 = 0$$

[0079]

[0080] 항들을 조합하고 삭제하면 다음과 같이 된다.

$$d_2 = (-d_{4m}^2 + d_3^2 - d_{0m}^2 d_3/d_1 + d_1 d_3) / (2 d_{4m} + 2 d_{0m} d_3/d_1)$$

$$\text{이어서 } d_0 = d_{0m} + d_2 \text{ 및 } d_4 = d_{4m} + d_2.$$

[0081]

[0082] 그에 따라, 수신된 시간 편차로부터 전체 측정치를 구한다.

[0083] 도 1의 z 축을 따른 위치를 측정하기 위해서, 그리고 도 23b에 도시된 바와 같이, 2개의 평행한 "척도" 또는 좌축 및 우측 수중 청음기가 탱크의 하부에 제공된다. 도 18b에 도시된 여러 가지 제어를 이용하여 2개의 척도 사이의 중간의 라인 내에 모두 3개의 어레이(1701, 1702 및 1703)로부터의 모든 프로브 요소를 위치시키는 것이 목적이 될 것이다.

[0084] 이제 도 21b를 참조하면, M0 1206과 같은 임의 프로브 요소의 위치 측정을 고려한다. 먼저, 우측 척도(R0-RC-RN 2091, 2092, 2093)를 고려한다. 요소(M0 1206)로부터의 첨 신호를 전송하고 그리고 (R0, RC, 및 RN 2091, 2092 및 2093)에서 수중 청음기로 그러한 첨 신호를 수신함으로써, 경로(d_0 , d_2 , 및 d_4)를 따른 전송에 대한 시간 편차를 계산할 수 있을 것이다. 테스트 블록 매체의 초음파 속도를 알고 있다면, 시간이 거리로 변환될 수 있을 것이다. 만약, 테스트 블록 매체가 물이라면, 음속(sos)은 대략적으로 다음과 같을 것이다.

$$sos = 1.40238742 + 5.03821344 * TE/1000. - 5.80539349 * TE^2/100000. + 3.32000870 *$$

$$TE^3/10000000. - 1.44537900 * TE^4/1000000000. + 2.99402365 * TE^5/1000000000000.$$

[0085]

[0086] (마이크로초당 mm) 이때, TE는 섭씨 온도이다. 거리 편차가 전술한 유도식에 따라 총 거리로 변환될 수 있을 것이다.

[0087]

이제 삼각측량법에 의해서,

[0088]

거리 : $a = ((d_0^2 - d_4^2 + (d_1 + d_3)^2) / (2(d_1 + d_3)))$ 가 된다.

[0089]

x' 축을 따른 위치는 $d_1 - a$ 가된다.

[0090]

요소가 2개의 척도의 중간이라고 가정하면,

[0091]

y' 축을 따른 위치가 제곱근($(d_0^2 - a^2 - (zr/2)^2)$)가 된다.

[0092]

초기에 고려할 수 있는 오류는 이러한 가정의 결과로서 발생하나, z의 측정으로 인해서 이러한 가정이 충족될 때까지 요소 또는 전체 프로브 조립체를 조정할 수 있을 것이다.

[0093]

도 21b를 다시 참조하면, 좌측 척도(2094, 2095 및 2095)를 이용하여 (x' 및 y')에 대한 동일한 계산이 이루어 질 수 있을 것이다; 그리고 그 결과의 평균을 구하여 정확도를 높일 수 있을 것이다. 그러나, 2개의 척도를 가지는 주요 이유는 z 축; 즉 도 1에 도시된 바와 같이 스캔 평면의 내외의 요소 위치를 측정할 수 있는 능력 때문이다. 이어서, 어레이 정렬 장치가 그것을 디스플레이할 수 있고(도 23a, 2300 참조), 그에 따라 수동(도 18b) 또는 자동(도 24) 교정 및 정렬이 허용된다. z 변수는 RC 2092 및 LC 2095에서 수신된 펄스의 도착 시간 편차에 비례한다. 프로브 위치는 시간 편차가 영(zero)가 될 때까지 조정되어야 한다. 이러한 것이 이루어질 때, x 및 y 측정 모두가 정확해질 것이고 그리고 모든 요소의 상대적인 위치를 알 수 있을 것이다.

[0094]

마지막으로, 제어부(컴퓨터와 같음)가 횡방향 수중 청음기(2086) 상의 최대 신호 강도를 스캔하고 획득할 수 있고 그리고 프로브 요소에 대한 각도 변위를 기록할 수 있다.

[0095]

복수 개구 어레이 정렬 장치를 매일 매일의 교정장치로서 이용하기 위해서, 도 22에 도시된 실시예와 같이, 복수 개구 초음파 변환기가 미리 완전히 조립될 것이다. 그에 따라, 이들 모든 측정치가 프로브 조립체 상의 축들을 참조하여야 할 것이다. 도 22에 도시된 복수-개구 변환기 프로브 조립체(2200)에서, 모든 측정치를 중심 어레이에 센터링된 새로운 좌표 시스템(x, y)으로 회전 및 병진이동 시키는 것이 합리적일 것이다. 적합한 좌표 시스템은 프로브 조립체가 사용되는 초음파 이미징 시스템에 따라 달라질 것이다. 복수-개구 프로브는 이하

에서 설명되는 자동화된 정밀 스테이지 조립체로부터 수신된 교정 데이터로 프로그램될 수 있는 내장형 교정 메모리 또는 칼 칩(cal chip)(2201)을 가질 수 있을 것이다.

[0096] 전송 동기화 모듈(2202)은 교정과 연관되지 않으나, 프로브가 호스트 머신(machine) 전송을 가지는 부가 장치로서 사용될 때 펄스의 시작을 식별할 필요가 있을 것이다. 프로브 변위 센서(2203)는 프로브의 3차원적인 이동을 감지하는 가속도계 또는 자이로스코프(gyroscope)일 수 있다. 교정 중에, 프로브가 정지 상태(still)가 되도록 그 프로브는 어레이 정렬 장치에 견고하게 부착되어야 한다.

[0097] 도 23a를 참조하면, 전용 그래픽 사용자 인터페이스 또는 GUI(2300)에 의해서, 기본 어레이 데이터가 실시간으로 육안으로 확인할 수 있게 되고, 이는 x, y 및 z 변동 오류를 교정할 수 있게 한다. 2개의 얇은 수직 라인(2001 및 2003)은 척도 RO-RC-RN (도 19a의 2091, 2092, 및 2093) 및 LO-LC-LN (도 19a의 2094, 2095, 및 2096)의 z 위치를 나타낸다. 보다 얇은 수직 라인(2302)은 z=0 라인 그리고 프로브 시스템의 각 요소의 희망하는 위치가 될 것이다. 수직 위치는 x 좌표이다.

[0098] 각각의 작은 정사각형(예를 들어, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310 및 2011)이 x-z 평면 내의 프로브 요소의 위치가 된다. 이러한 예에서, 3개의 프로브 헤드의 단부 요소의 위치들을 나타내는 6개의 작은 정사각형이 있다. 그러나, 그보다 많거나 적은 요소들의 위치가 이러한 방식으로 디스플레이될 수 있을 것이다. 얇은 수평 라인(2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317 및 2018)은 복수-축 수중 청음기 상에서 탐지되는 바와 같은 각 요소의 각도 확산 및 지향성을 나타낸다. 유용한 각도 확산 수단은 최대 강도의 절반과 같거나 그보다 큰 신호 강도를 기록하는 횡방향 수중 청음기 어레이 사이의 수중 청음기 요소의 개체수이다.

[0099] 도 23b는 z=0에서 또는 그 부근에서 z 위치(2305)로 정확하게 위치되는 프로브 요소 및 중심선에 걸쳐 위치된 방향성을 도시한다. 대조적으로 도 23c는 우측 수중 청음기를 향해서 오프셋된 z 위치(2305)와 함께 프로브 요소를 도시한다. 결과적인 디스플레이에는 중심선(2302) 우측의 작은 정사각형(2305)을 보여준다. 이러한 경우에, 요소 위치가 오류에 있으나, 중심선(2302)에 걸쳐 센터링되어 유지되는 수평 라인(2312)에 의해서 디스플레이 상에 표시된 바와 같이 요소 방향성은 중심선에 걸쳐 유지된다는 것을 주목하여야 한다.

[0100] 마지막으로, 도 23d는 z=0(2302)에서 또는 그 부근에서의 z(2305) 위치와 함께 정확하게 위치된 프로브 요소를 도시한다. 그러나, 방향성(2312)은 이러한 경우에 중심선(2302)의 좌측으로 이동된 수평 라인에 의해서 표시되는 바와 같이 좌측 수중 청음기를 향한 오프셋과 오정렬된다. 이러한 경우에, 방향성을 중심에 걸쳐지도록 복귀하는 각도 조정에 의해서, 그러한 방향성이 교정될 필요가 있다. 이는, 예를 들어, 도 18b의 제어부(1805 및 1807)를 이용하여, 이루어질 수 있다. 그에 따라, 이러한 디스플레이에서, 요소 위치 및 방향성이 동시에 모니터링될 수 있고 그리고 모두가 정렬될 수 있다.

[0101] 정밀 정렬 스테이지 조립체 또는 조립체들을 이용한 프로브 위치 및 각도(angulation) 조정은, 모든 작은 정사각형 및 모든 수평 라인들이 중심 수직 라인에 가능한 한 근접하여 정렬될 때까지, 계속되어야 하고, 그에 따라 z 축을 따른 정렬이 보장된다. 이러한 것이 이루어짐에 따라, x 및 y 위치가 정확하게 계산될 것이고 이에 대해서는 별도의 반복이 불필요할 것이다.

[0102] 일부 제조 포맷에서, 어레이(2406)는 도 24에 도시된 것과 같은 자동화된 정밀 스테이지 조립체로 로딩될 수 있다. 여기에서, 어레이들이 그들의 노우즈 피스 내에 여전히 있는 동안에, 어레이들이 여전히 조작될 수 있을 것이다. 도 24에, 정밀 스텝퍼 모터(2403)가 장착된 자동화된 정밀 스테이지 조립체(2406)가 도시되어 있다. 스텝퍼 모터 제어부(2401)는 제어부(2402)로부터의 지시에 응답하여 테스트 중인 변환기(2405)를 구동시킨다. 제어부(2401)는 수중 청음기 조립체(2404)로부터의 데이터를 평가하고, 그리고 변환기 교정을 계산한다. 제어부(2402)에 설치된 테스트 프로그램은 온 보드 교정 칩(2201)에 포함된 변환기 맞춤형 교정 데이터를 테스트 중

인 변환기(2405)로 다시 제공한다. 이러한 자동적으로 획득된 요소 및 어레이 위치 데이터는 MAUI 프로브에 맞춰진 것이고 그리고 프로브 및 시스템 성능을 최적화하기 위해서 이용될 수 있을 것이다.

[0103] 어레이 정렬 시스템을 가지는 정밀 스테이지 조립체를 이용하는 것은 시스템의 가치의 단지 일부분이다. 도 26a 및 26b는 초음파 장치(2600)의 제어 유닛(2620)에 부착된 어레이 정렬 시스템(2610)을 도시한다. 단면도는, 수중 청음기 조립체(2085)가 유체 충진형 시스템(2610)의 하부에 위치된다는 것을 보여준다. 도 26a에서, MAUI 범용 방사선 프로브(2630)가 테스팅을 위한 시스템에 부착된다. 도 26b에서, MAUI 심장용 프로브(2640)가 교정을 위해서 시스템에 부착된다. 이러한 시스템의 휴대성에 의해서, 매일 수차례 현장에서 프로브를 교정할 수 있게 된다. 부가적으로, 서비스나 유지보수가 필요한 경우, MAUI 시스템이 운전자에게 경고할 수 있을 것이다.

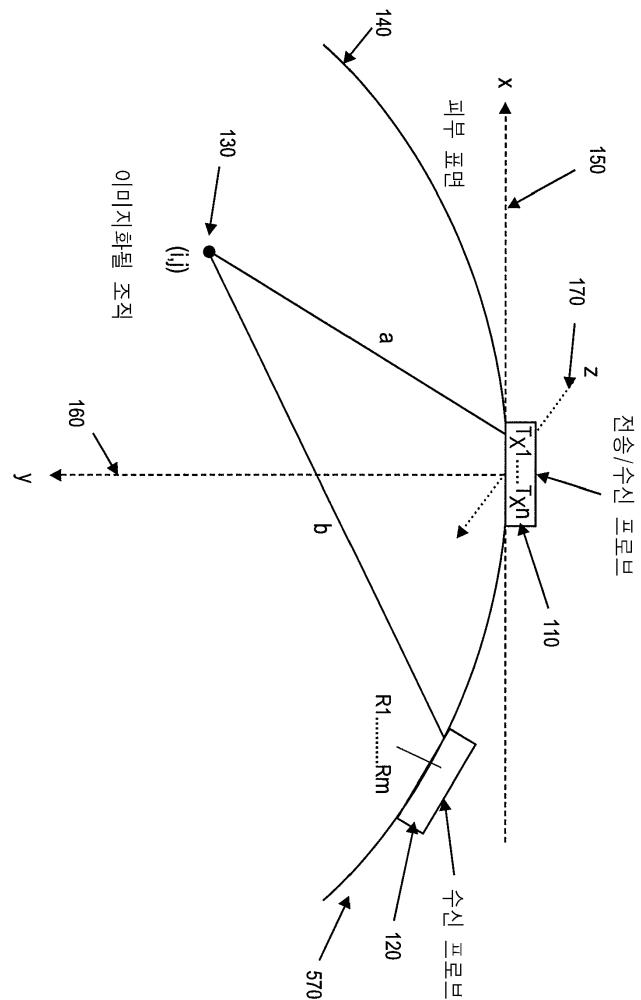
[0104] 프로브 교정을 위해서, MAUI 전자 장치는 테스트 패턴을 프로브 내의 어레이로 보내서 수중 청음기 조립체(2085)로 전송할 수 있게 한다. 결과적으로 프로브들의 위치 및 그들의 방향성이 보고된 후에, 모든 요소들의 위치가 해당 프로브에 대한 파일로 다운로드될 수 있다. 각 파일이 프로브 교정 칩(2201)에 저장된다. 교정 칩은 x, y 및 z 축을 따른 요소 위치를 연결된 모든 MAUI 전자 장치로 보고하고, 그에 따라 여러 MAUI 장치에서의 사용에 앞서서 재교정할 필요가 없이 복수 개구 이미징을 실시할 수 있게 된다. 교정 칩 메모리는 또한 프로브 성능 및 신뢰도 분석을 위해서 이용될 수 있다.

[0105] z 위치의 조정이 필요 없도록 모든 전송 및 수신 요소들이 동일한 평면 내에 정렬되고 제조되는 특별한 경우에, 단순화된 정렬 설비가 이용될 수 있을 것이다. 수중 청음기의 2개의 평행한 "척도" 대신에, 하나의 척도가 이용될 수 있을 것이다. 이러한 경우에, 측량추(plumb bob) 또는 클램핑 장치를 이용하여 프로브가 단일 척도에 걸쳐 센터링될 수 있을 것이다. 이어서, $z=0$ 및 $zr=0$ 이라고 가정하고 x 및 y 측정이 이루어질 수 있다. 이러한 것이 가능한 이유는, 비임형성에 있어서 z 값의 정확도가 x 및 y 값의 정확도 보다 훨씬 덜 중요하기 때문이다. 그에 따라, x 및 y의 측정에 대한 높은 정확도가 요구됨에도 불구하고, 프로브의 가공된 옛지에 대한 측량 추 또는 클램핑으로 확인되는 비교적 대략적인(crude) 방법에 의한 z 조정도 허용될 수 있을 것이다. 명백하게, 이러한 단순화된 설비의 비용이 상당히 절감될 것이고, 그에 따라 설비가 프로브 조립 공장에서 뿐만 아니라 현장에서도 이용될 수 있게 된다.

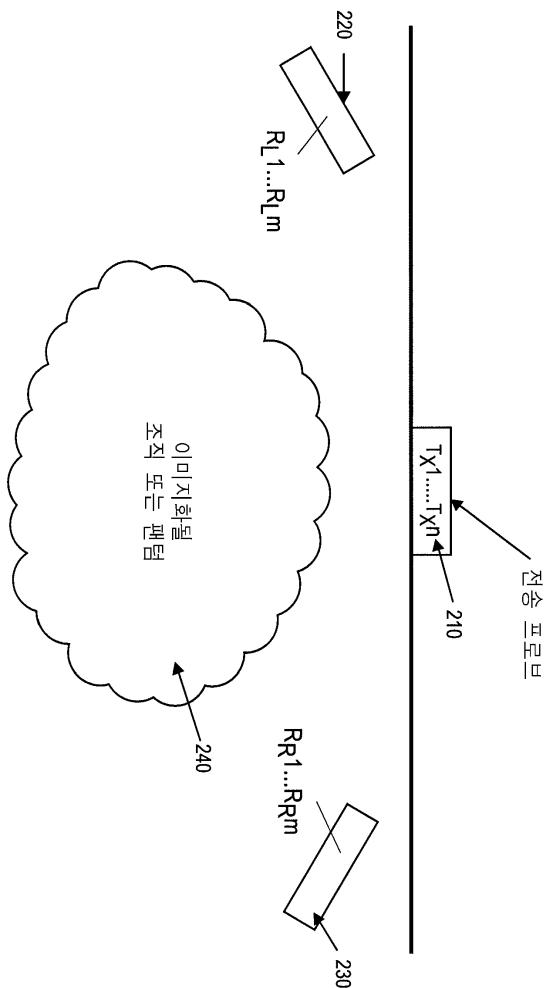
[0106] 본원 발명과 관련된 부가적인 상세한 설명으로서, 물질 및 제조 기술은 소위 당업자의 레벨에서 채용될 수 있을 것이다. 공통적으로 또는 논리적으로 채용되는 부가적인 행위(acts)와 관련하여 본원 발명의 방법-기초 측면에도 마찬가지일 것이다. 또한, 전술한 본원 발명의 변경에 대한 임의의 선택적인 특징이 종속항에서 기재되고 청구되며, 또는 전술한 하나 또는 둘 이상의 특징들과 조합될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 유사하게, 단수형 항목과 관련하여, 복수의 동일한 항목들이 존재할 수 있는 가능성도 포함된다. 보다 구체적으로, 본원 명세서의 상세한 설명 및 특허청구범위에서 기재된 바와 같이, 단수 형태("a," "an," "said" 및 "the")는 명백한 다른 기재가 없는 한 복수 형태도 포함할 것이다. 또한, 특허청구범위가 임의의 선택적인 요소들을 배제하도록 기재되었다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그와 같은 경우에, 본 기재 내용은 청구항의 구성요소의 인용과 관련하여 "단독", "단지"와 같은 독점적인 기술용어들의 이용, 또는 "부정적인" 제한의 이용에 대해서 설명한 것이다. 다른 말이 없으면, 본원 명세서에서 사용된 모든 기술적 및 과학적 용어들은 본원 발명의 당업자들이 일반적으로 이해되는 것과 같은 의미를 가질 것이다. 본원 발명의 범위는 상세한 설명에 의해서 제한되지 않고, 특허청구범위의 명백한 의미에 의해서만 제한될 것이다.

도면

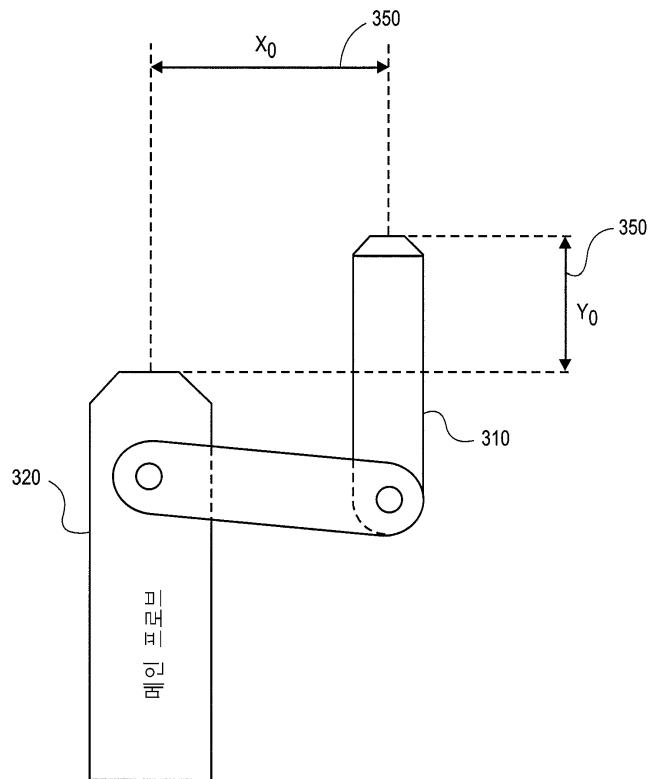
도면1



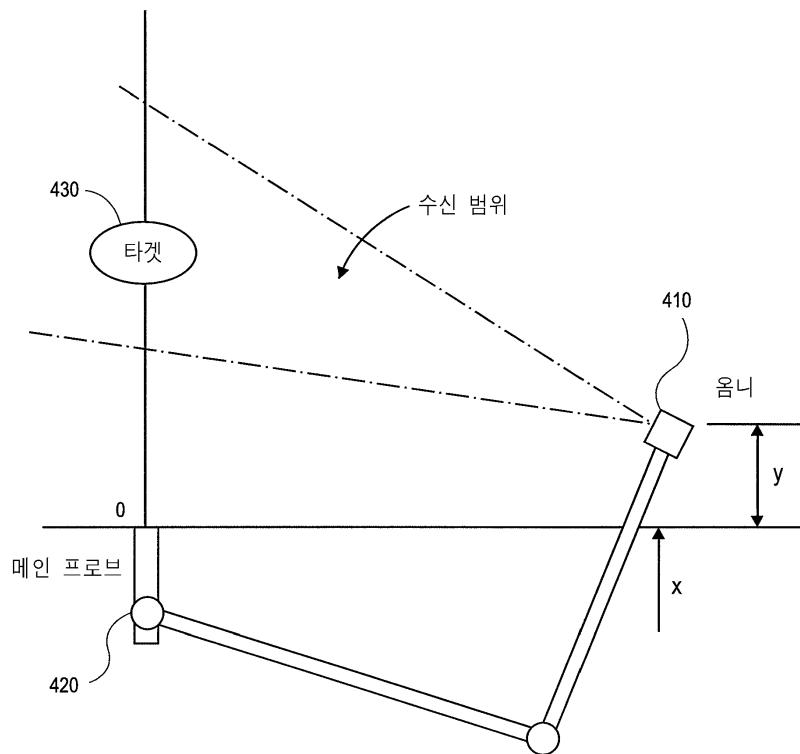
도면2



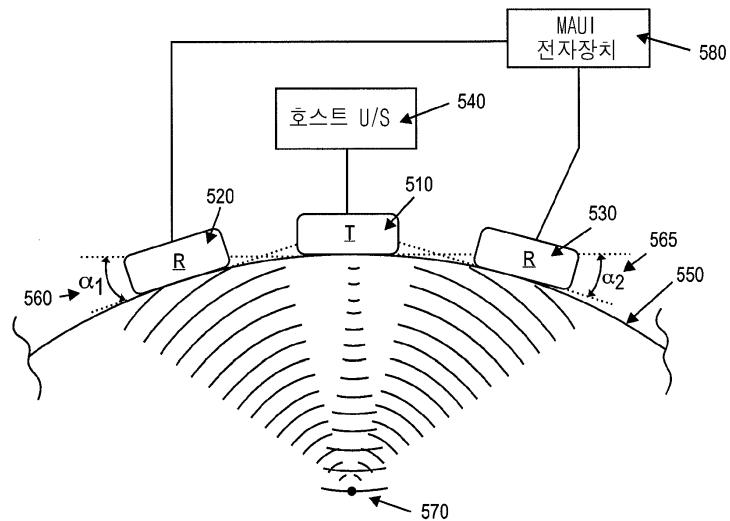
도면3



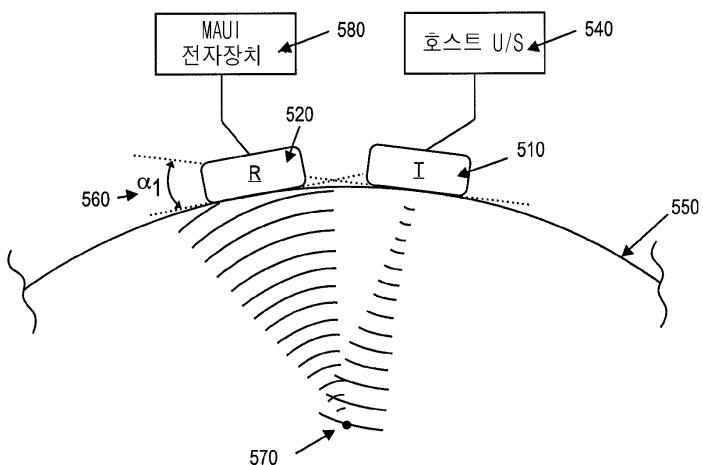
도면4



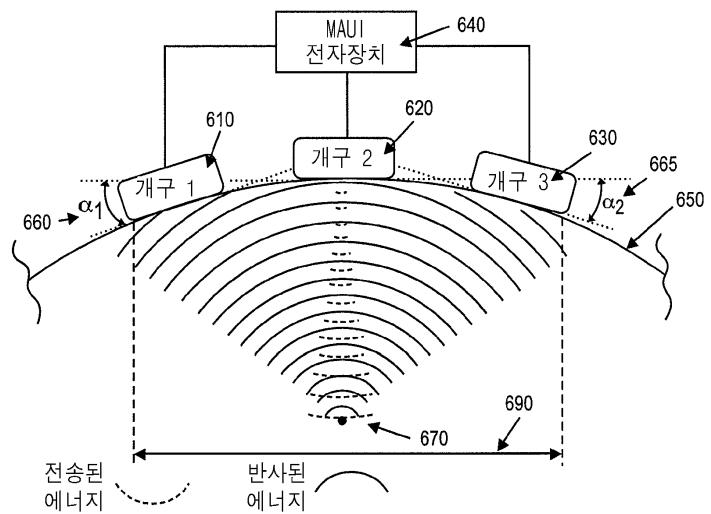
도면5



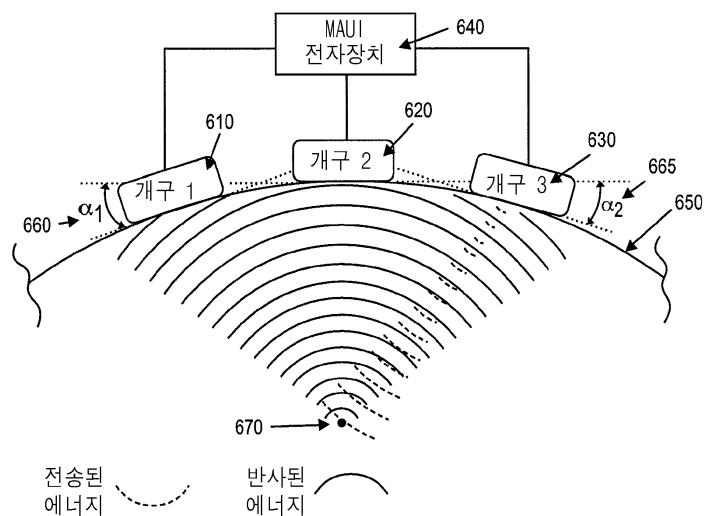
도면5a



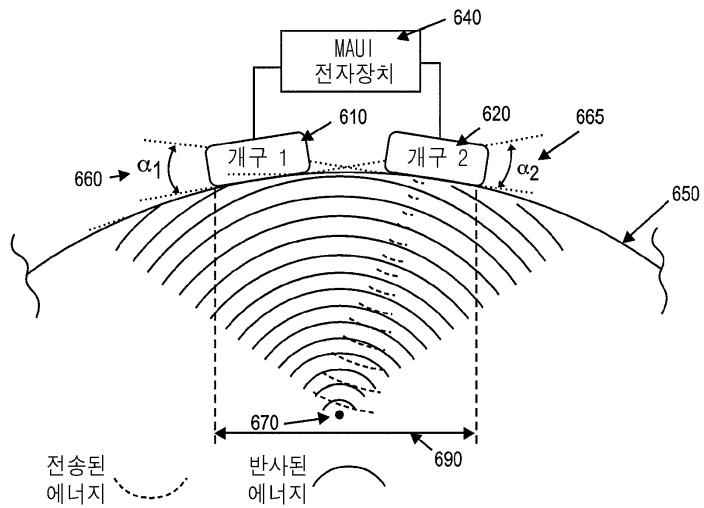
도면6



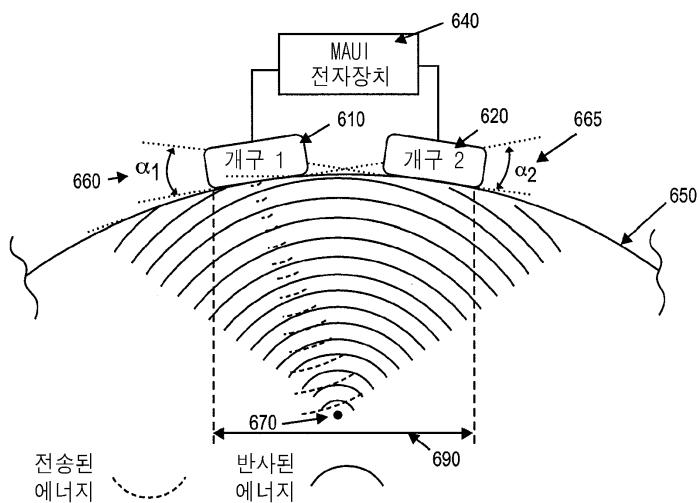
도면6a



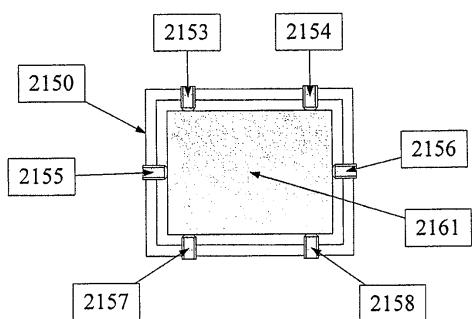
도면6b



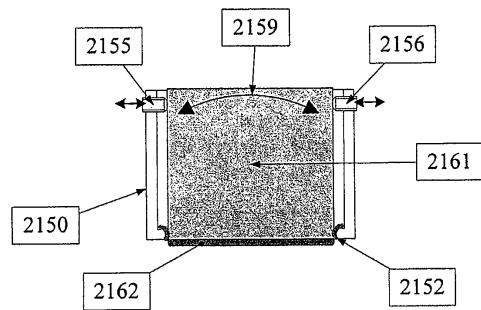
도면6c



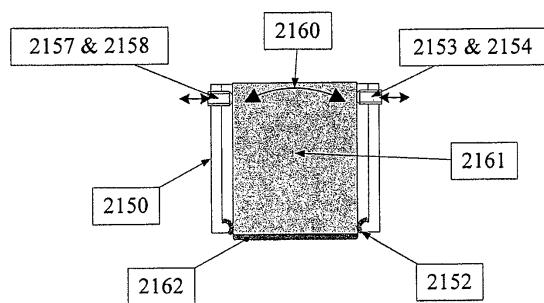
도면7a



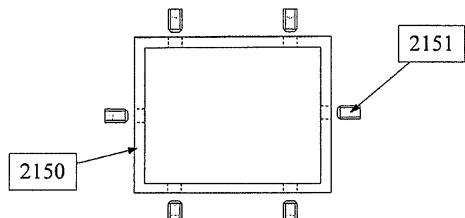
도면7b



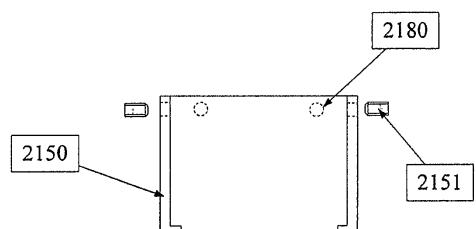
도면7c



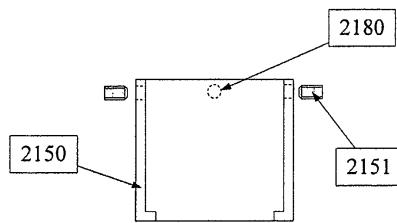
도면8a



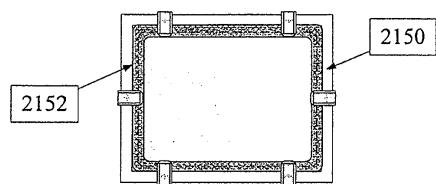
도면8b



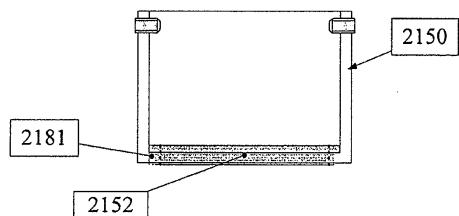
도면8c



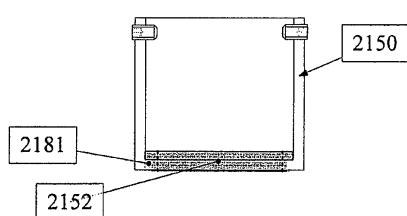
도면9a



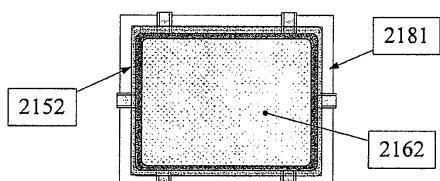
도면9b



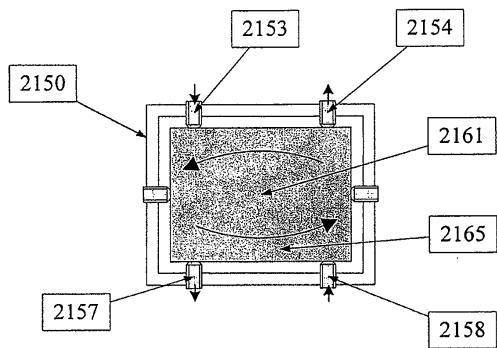
도면9c



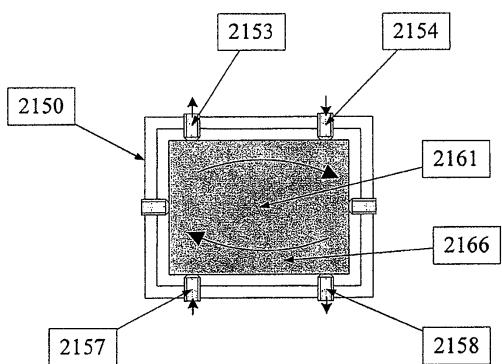
도면9d



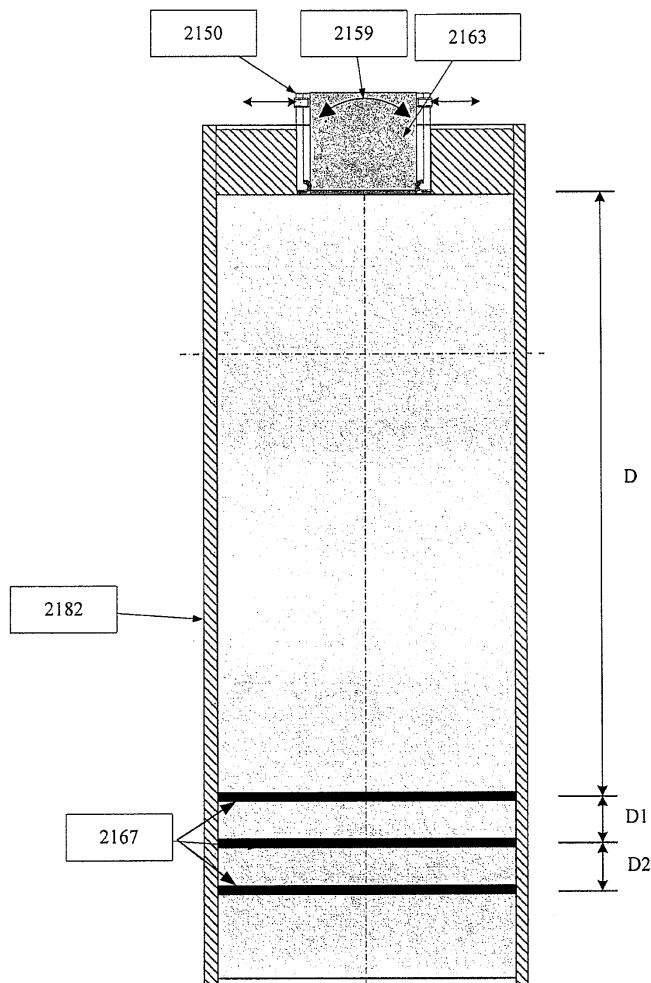
도면10a



도면10b

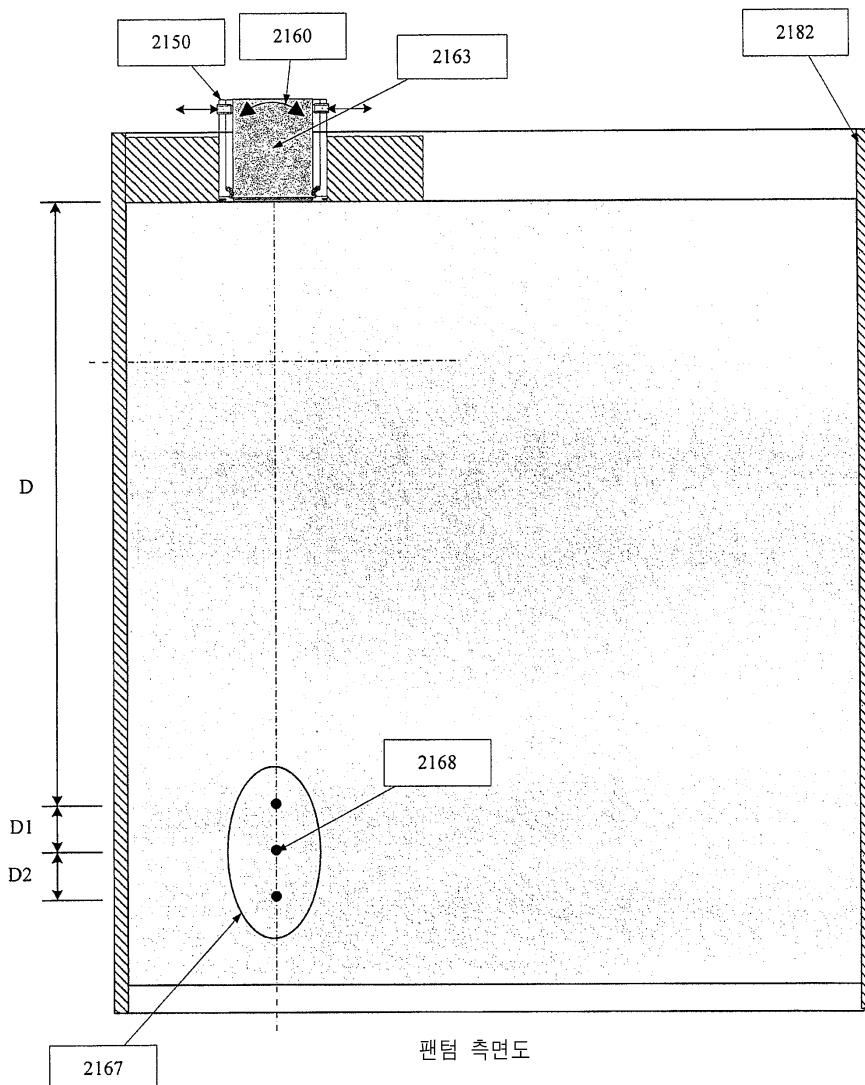


도면11

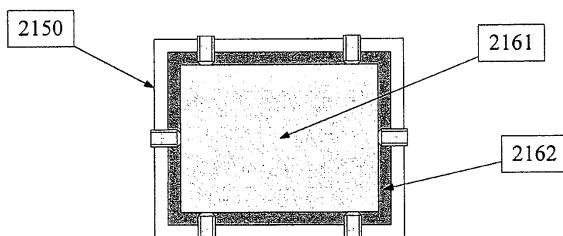


팬텀 단부도

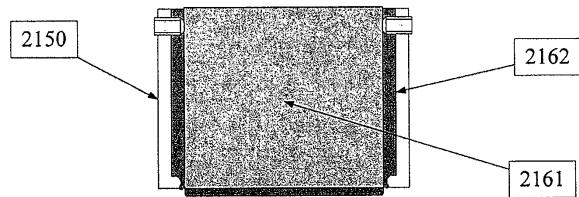
도면12



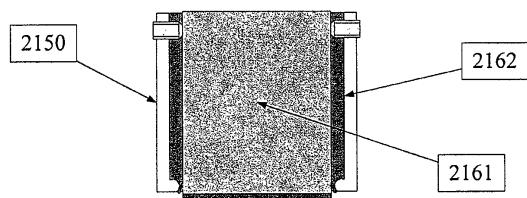
도면13a



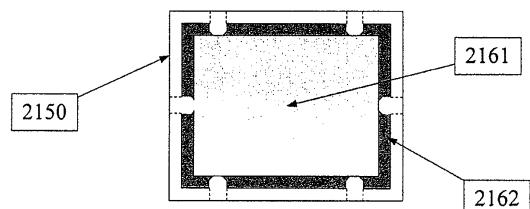
도면13b



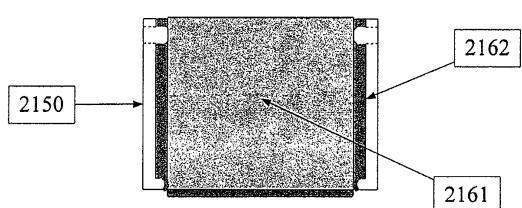
도면13c



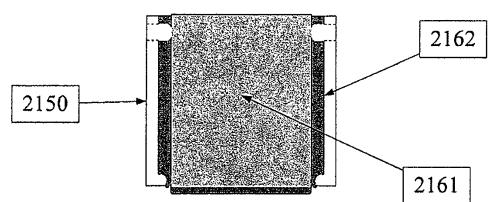
도면14a



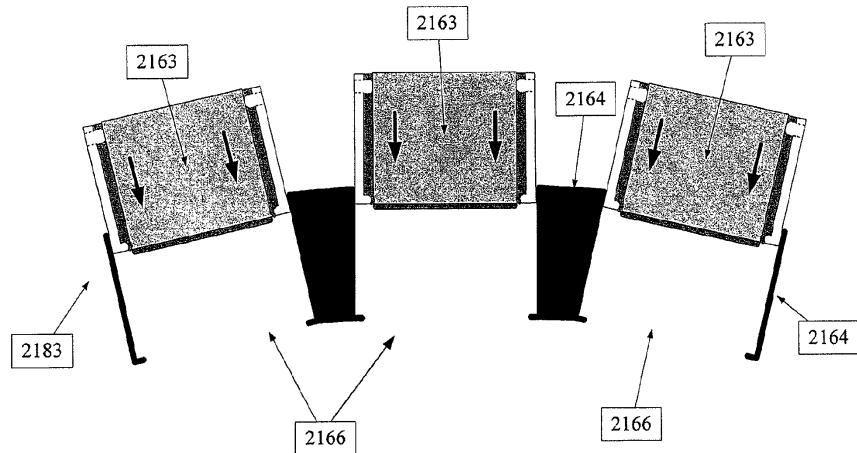
도면14b



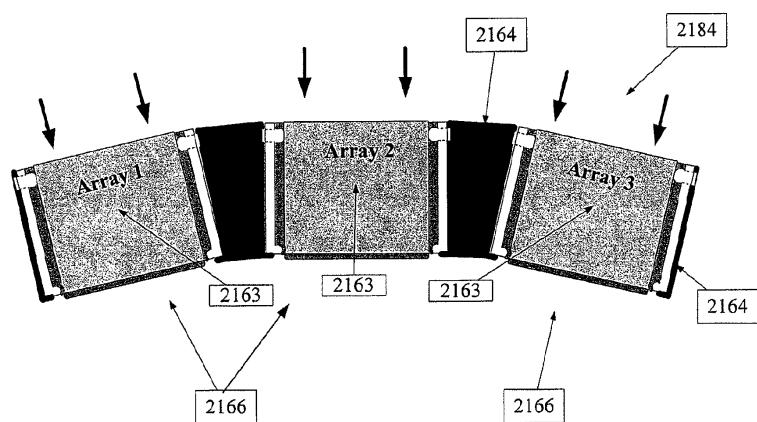
도면14c



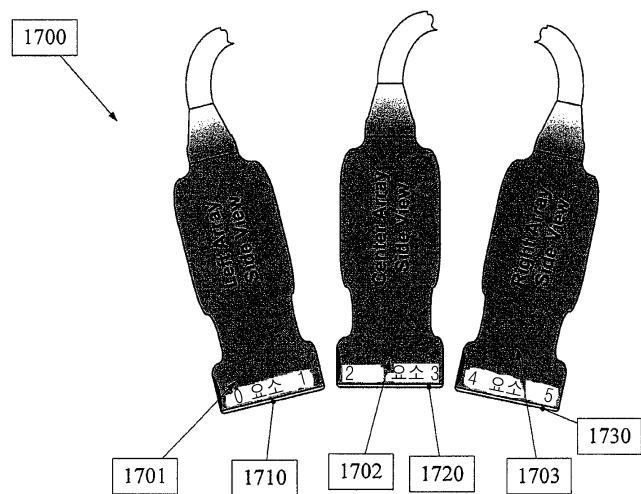
도면15



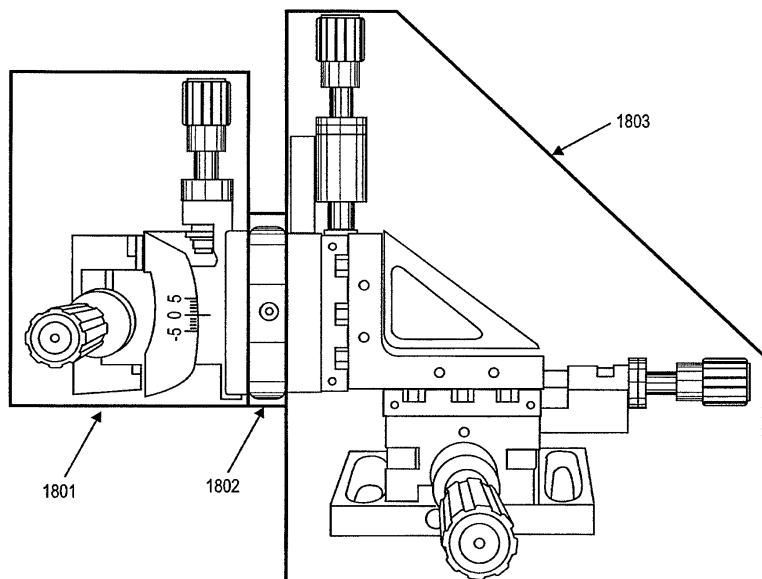
도면16



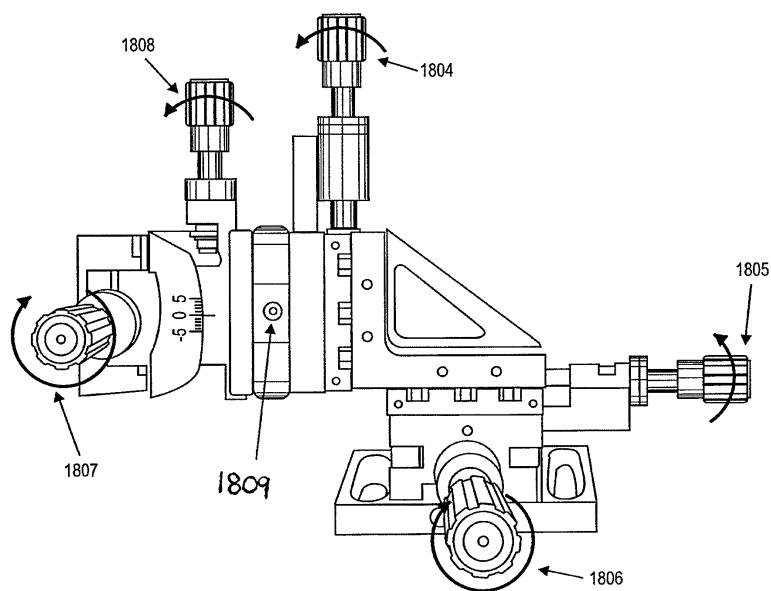
도면17



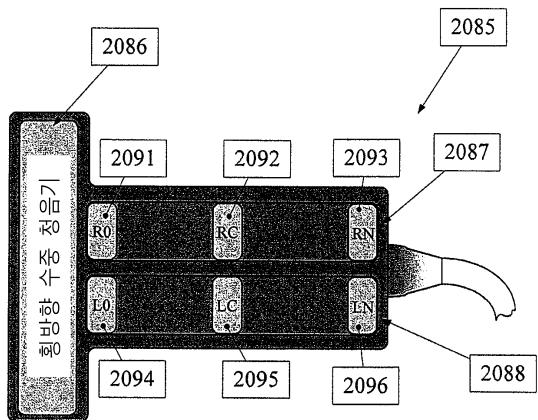
도면18a



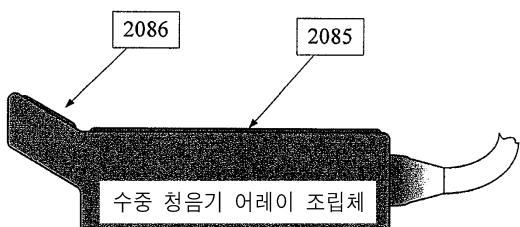
도면18b



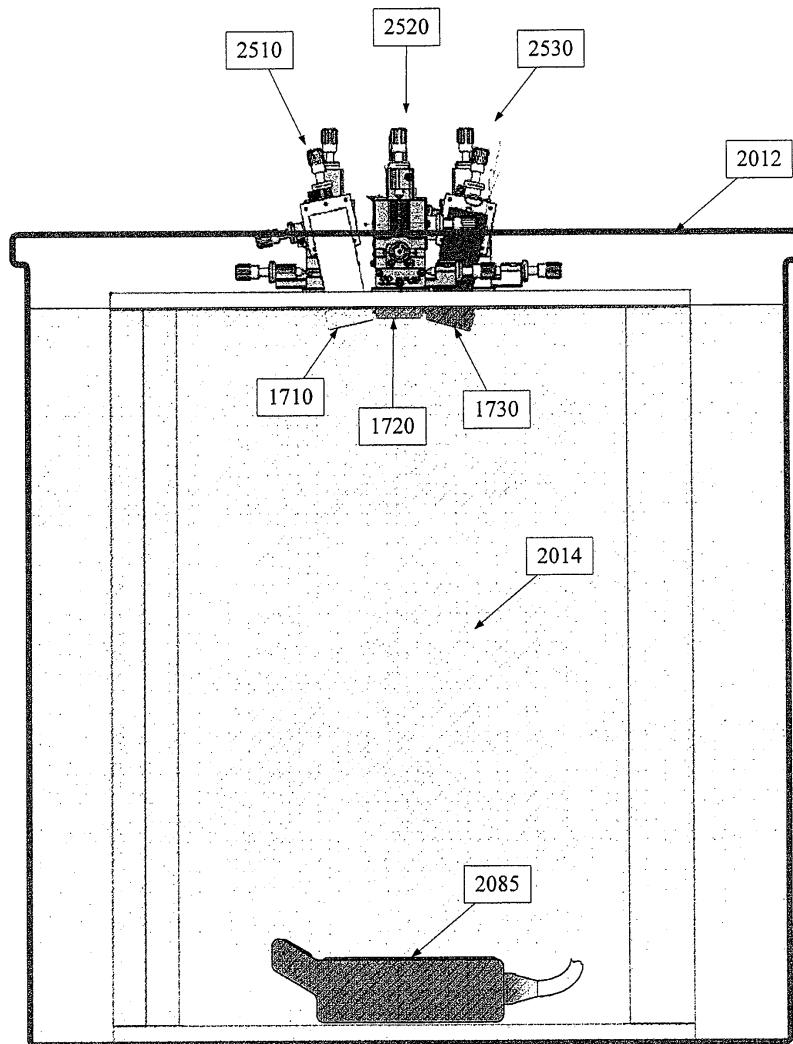
도면19a



도면19b

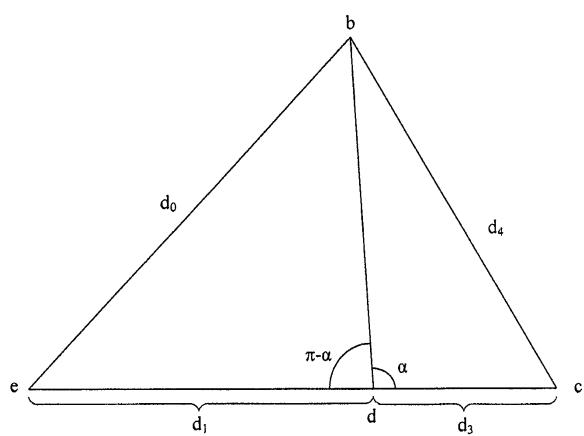


도면20

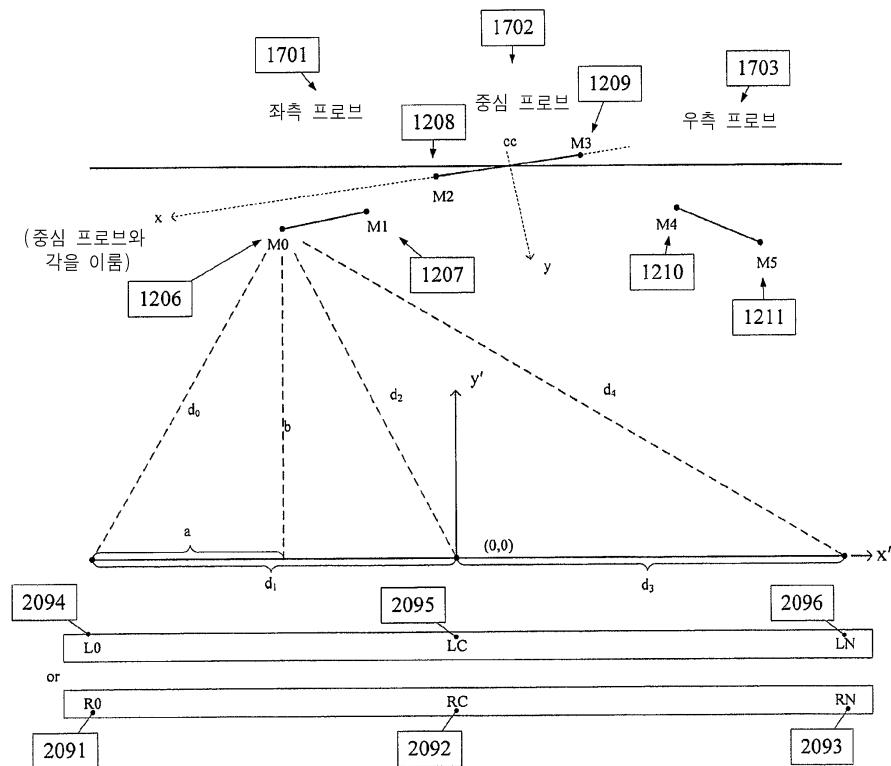


탱크내의 조립된 테스트 설비

도면21a

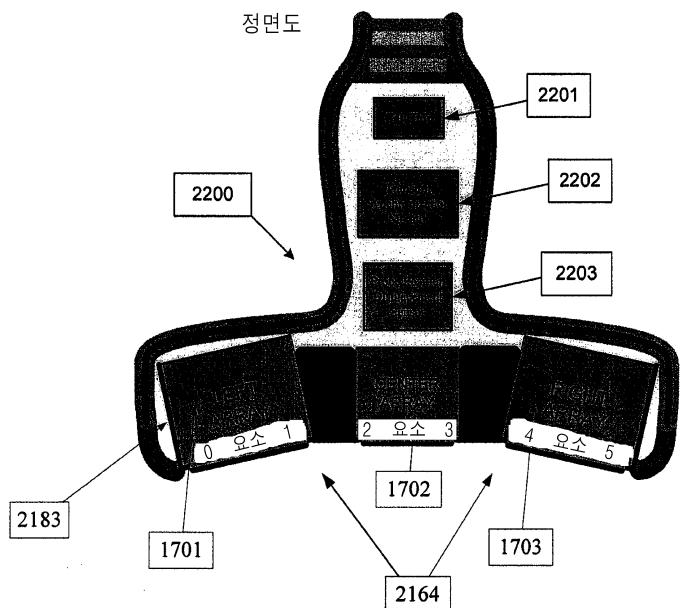


도면21b

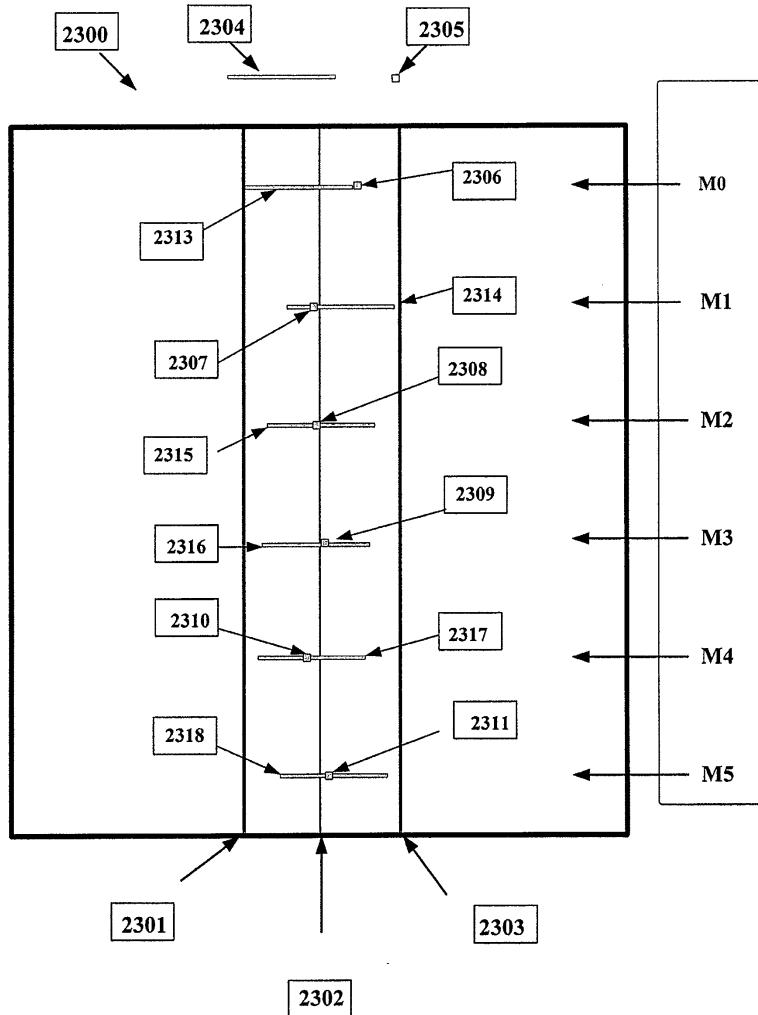


제 1 기준이 LC 또는 RC 이다
최종 기준은 중심 프로브의 중심(cc) 이다

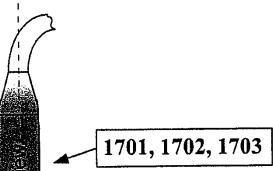
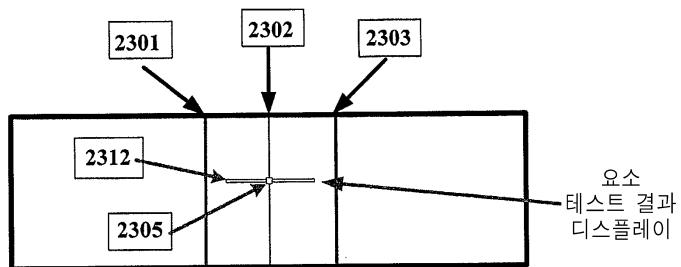
도면22



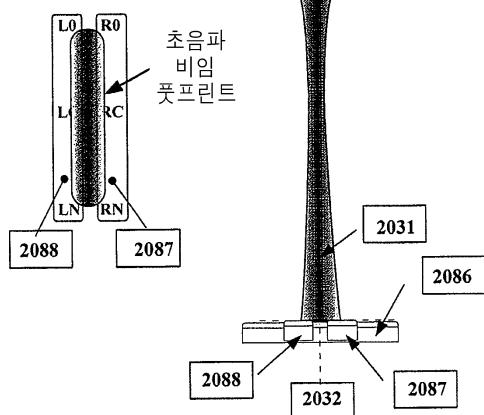
도면23a



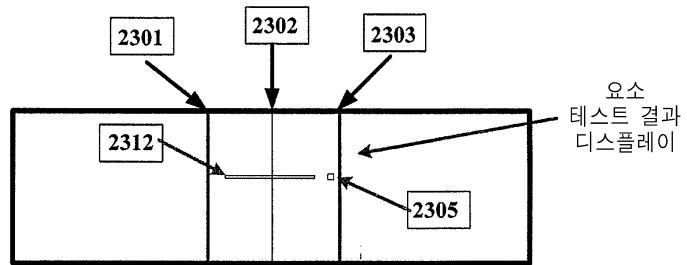
도면23b



위에서 본 도면

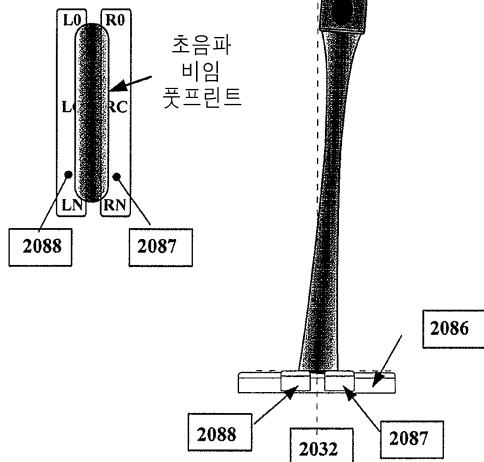


도면23c

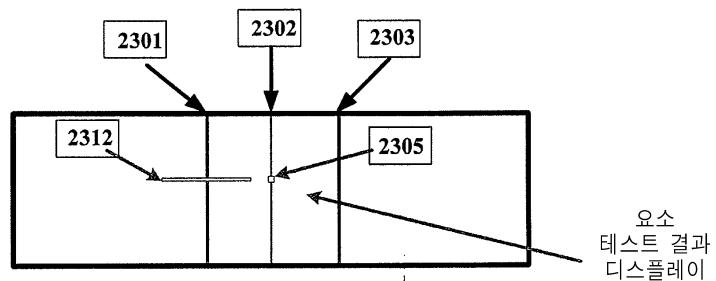


1701, 1702, 1703

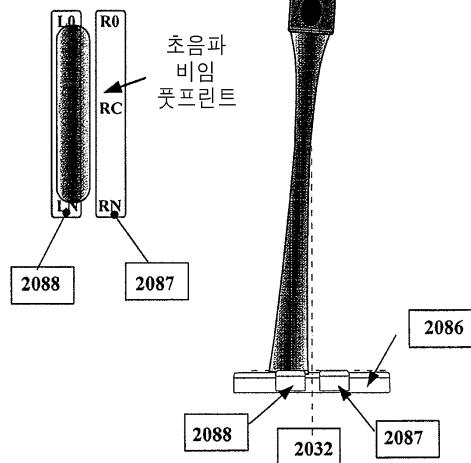
위에서 본 도면



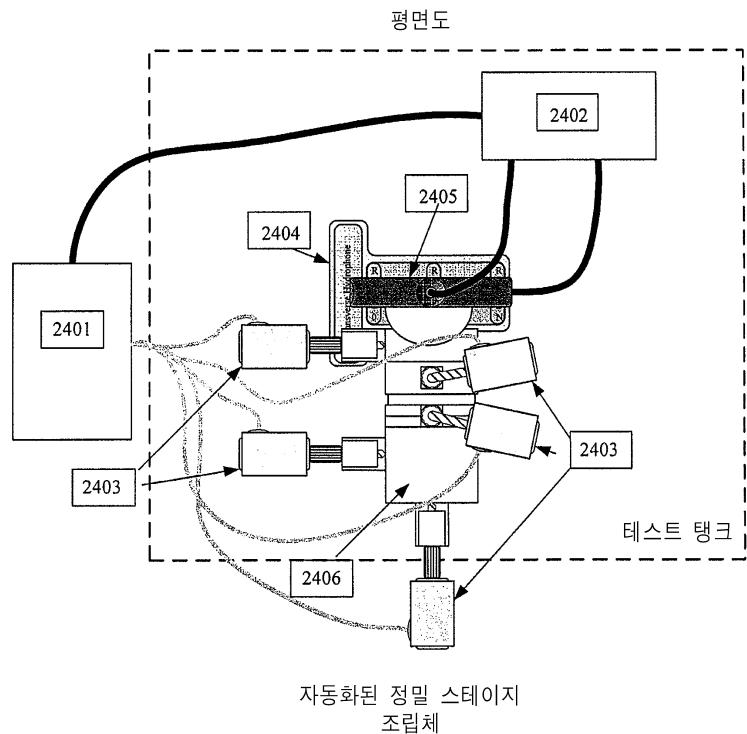
도면23d



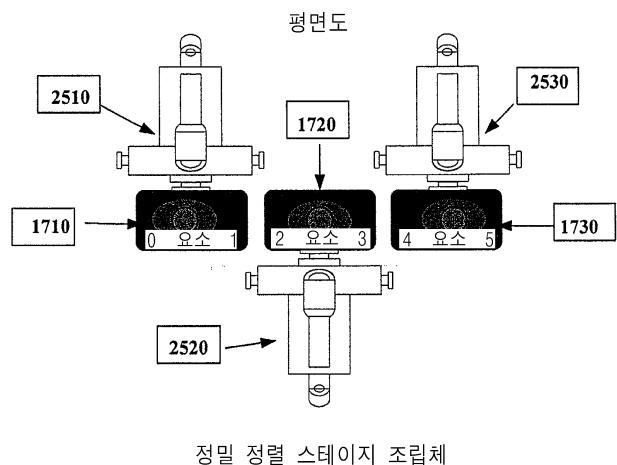
위에서 본 도면



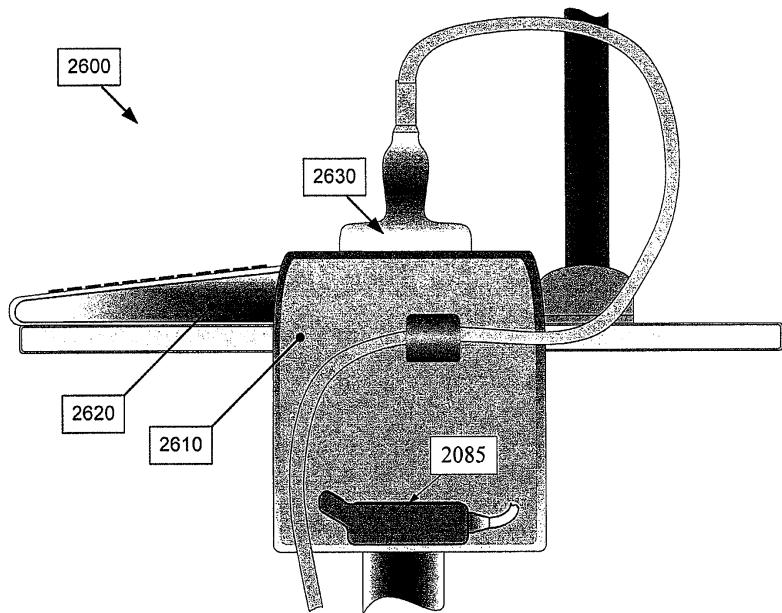
도면24



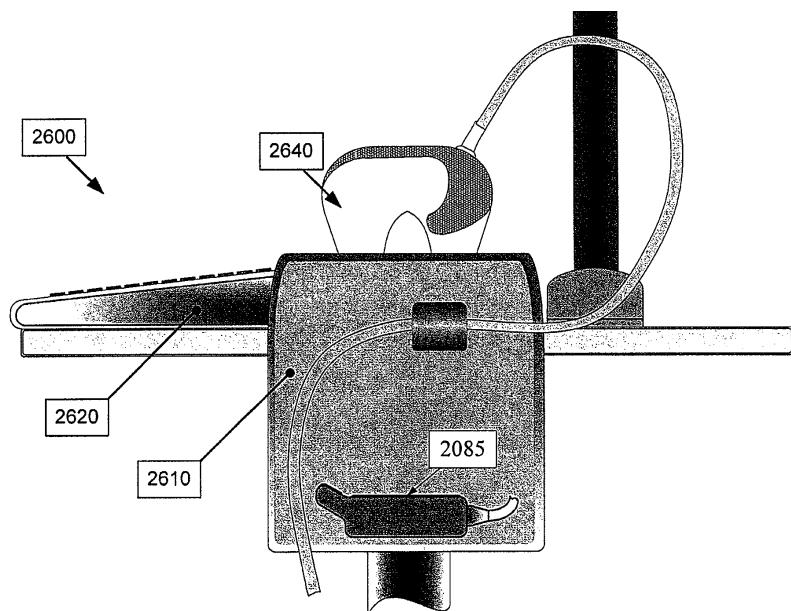
도면25



도면26a



도면26b



专利名称(译)	多孔径超声阵列对准设备的描述		
公开(公告)号	KR101659723B1	公开(公告)日	2016-09-26
申请号	KR1020117026955	申请日	2010-04-14
[标]申请(专利权)人(译)	茂伊成像股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	毛伊岛成像公司		
当前申请(专利权)人(译)	毛伊岛成像公司		
[标]发明人	SPECHT DONALD F 스펙트도날드에프 BREWER KENNETH D 브루어케네쓰디 SMITH DAVID M 스미스데이비드엠 ADAM SHARON L 아담쉐론엘 LUNSFORD JOHN P 룬스포드존피		
发明人	스펙트,도날드,에프. 브루어,캐네쓰,디. 스미스,데이비드,엠. 아담,쉐론,엘. 룬스포드,존,피.		
IPC分类号	A61B8/00 G01S15/89		
CPC分类号	A61B8/4218 A61B8/587 G01S15/8913 A61B8/4494 G01N2291/106		
代理人(译)	专利法的人和别人		
优先权	61/169200 2009-04-14 US		
其他公开文献	KR1020120005031A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

通过使用所有探针的元件来生成图像以增加超声成像探头的有效孔径的横向分辨率，并且通过包括图像的至少一个双探头来渲染图像可以是显着的。所有元素的相对位置对于图像渲染是准确已知的。在所公开的校准设备中，校正的探针组件布置在测试块的上侧，并且超声波脉冲通过超声波传感器和测试块一起传输。当它通过探头内的部件传输时，其中测试超声波脉冲或者精确测量波形之前不同的所有元件时间。可以计算探针元件的相对位置，并且可以根据这种测量来布置探针。

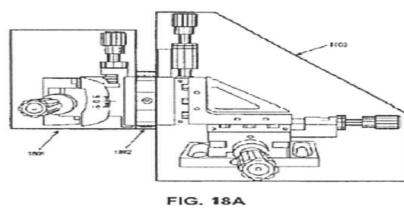


FIG. 18A

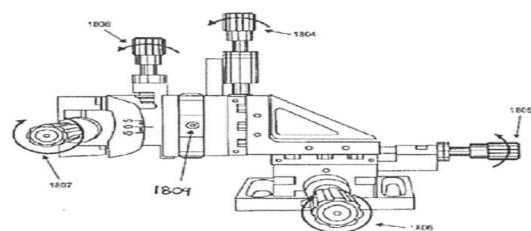


FIG. 18B