(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년02월22일
(11) 등록번호 10-1705846
(24) 등록일자 2017년02월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 29/46 (2006.01) *A61B 8/08* (2006.01)
G01N 29/06 (2006.01) *G01N 29/07* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7000767
(22) 출원일자(국제) 2010년06월11일
심사청구일자 2015년05월18일
(85) 번역문제출일자 2012년01월10일
(65) 공개번호 10-2012-0036964
(43) 공개일자 2012년04월18일
(86) 국제출원번호 PCT/FR2010/051175
(87) 국제공개번호 WO 2010/142927
국제공개일자 2010년12월16일
(30) 우선권주장
09/02856 2009년06월11일 프랑스(FR)
(56) 선행기술조사문헌
JP2005510283 A*
US06449566 B1
US20080097211 A1
WO2003099133 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
상트르 나쇼날 드 라 르세르쉬 시앙티피끄
프랑스 에프-75794 파리 뤼 미셸-앙쥬 3
유니베르시테 피에르 에 마리에 쿠리에 (파리 6)
프랑스 파리 에프-75005 플라스 주시에우 4
(72) 발명자
미농지오, 장-가브리엘
프랑스, 파리, 75014, 루 디도트, 131
딸망, 마릴린
프랑스, 베르몽, 에프-27200, 루 아리스티드 브리앙, 15
라우기에, 파스칼
프랑스, 파리, 에프-75017, 루 놀레트, 93
(74) 대리인
나승택

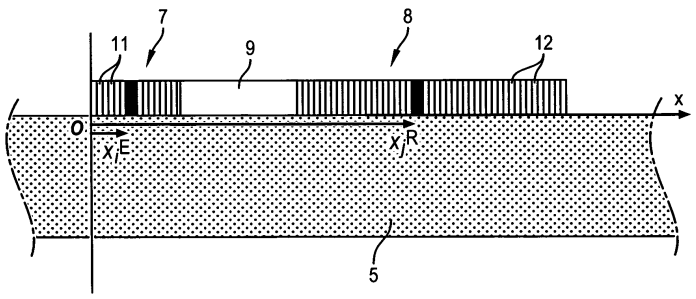
전체 청구항 수 : 총 14 항 심사관 : 한재균

(54) 발명의 명칭 **매체의 특성화를 위한 초음파 방법 및 장치**

(57) 요 약

N^E개의 초음파 방사체(11)와 N^R개의 초음파 수신기(12)를 포함하는 프로브가 특성화될 매체에 적용된다. 각 방사체(11)는 연속적으로 활성화되고, 매번 시간창 안에서 일련의 수신기(12)에서 신호가 검출된다. 검출된 $N^E \times N^R$개의 신호들은 각각 시간적 푸리에 변환에 의해서, 각각의 시간적 주파수를 갖는 진동 성분들의 합계로 전환된다. 각 주파수에 대해서, 해당 주파수를 갖는 진동 성분들의 복소 진폭의 행렬 $N^E \times N^R$이 추출된다. 이들 행렬(주파수마다 하나씩)은 특이값으로 분해되며, 각 주파수마다, 최소값이 제거되고, 특이값과 관련된 특이 벡터가 보유되며, 수신 신호 공간의 기준선이 형성된다. 이 기준선에서 각각의 속도(공간적 주파수)에 의해서 특정되는 각 평면파의 기여도가 계산된다. 이 기여도는 주파수-전파 속도 기준 시스템에서 그레이 레벨의 형태로 표시된다. 매체, 특히 노이즈 발생 매체의 개선된 특성화를 위해 사용된다.

대 표 도



명 세 서

청구범위

청구항 1

- 매체에 초음파 자극 신호를 적용하는 단계;

- 자극 신호가 적용되는 방사 부위(11)로부터 상이한 거리에 위치된 복수의 수신 부위(12)에서 수신된 초음파 신호들에 의해서 구성된 반응을 검출하는 단계; 및

- 수신된 일련의 초음파 신호로부터 주파수-전파 속도 기준 시스템에서 전파되었던 모드들의 맵을 추출하는 단계를 포함하고,

복수의 수신 부위(12)에 대해서 검출이 적어도 두 개의 상이한 자극 신호에 대해 연속적으로 수행되고, 이로써 진동 성분이 상이하거나 또는 진동 성분이 상이하게 부가된 적어도 두 개의 반응이 각각의 수신 부위를 통과하며,

N^R개의 상이한 수신 부위와 N^E개의 상이한 방사 신호에 대한 반응들의 에너지 레벨과 위상 차이의 행렬 N^E x N^R이 각 주파수에 확립됨으로써 초기 주파수 반응들의 행렬이 생성되고,

상기 초기 주파수 반응들의 행렬은 특이값 분해를 행함으로써, 상기 특이값 분해는, 각 주파수에 대해서, 자극 공간 내의 특이 방사 벡터들의 베이스(base), 특이값은 물론 수신기를 따라 전파된 파들의 공간 내에서 특이 수신 벡터들의 베이스를 나타내는 것을 특징으로 하는 매체를 특성화하는 초음파 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상이한 자극 신호들은 자극 신호들의 각 적용 부위와 각각의 수신 부위 사이의 거리에 의해서 차이가 나는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 상이한 자극 신호들은 자극 신호들의 각 적용 부위와 각각의 수신 부위 사이의 거리에 의해서만 차이가 나는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상이한 자극 신호들은 상이한 시점에서 적용되고, 각 자극 신호에 대해서 개별적으로 반응이 검출되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 수신된 각 초음파 신호의 진동 성분 스펙트럼이 결정되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 수신된 각 초음파 신호의 진동 성분 스펙트럼이 수신된 각 신호의 시간적 푸리에 변환을 계산함으로써 결정되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

제 1 항에 있어서,

각 주파수에 대해서, 평면파들의 기준선이 상기 특이 수신 벡터들의 베이스로 표현되고, 상기 특이 수신 벡터에

가장 큰 기여도를 갖는 평면파들이 결정되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

적어도 2개의 방사체가 사용되며, 각 주파수에 대해서 상기 2개의 방사체로 이루어진 적어도 하나의 조합된 방사가 결정되되, 수신 부위에서 수신된 반응의 방사된 에너지 대비 수신된 에너지의 비율이 최적화되도록 상기 조합된 방사가 결정되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 10

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

복수의 방사체가 사용되며, 각 주파수에 대해서 복수의 방사체의 복수의 조합된 방사가 결정되되, 각각의 주파수 반응의 방사된 에너지 대비 수신된 에너지의 비율이 최적화되도록 상기 조합된 방사가 결정되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 수신 신호에 기여하는 평면파를 결정하기 위해서 가장 에너지가 풍부한 주파수 반응이 선택되고, 적어도 하나의 저-에너지 주파수 반응은 제거되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 주파수 반응이 정규화되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 13

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 따른 방법을 적용하기 위한 장치로서,

초음파 방사 수단(11)과 일련의 초음파 수신기(12)가 장착된 프로브(4);

상기 방사 수단을 활성화하고, 상기 방사 수단의 활성화 후 시간창 안에서 상기 수신기로부터 신호를 수신하기 위한 수단; 및

수신된 신호로부터 주파수-전파 속도 기준 시스템에서 전파된 모드들의 맵을 추출하기 위한 처리 수단;

을 포함하고, 상기 방사 수단이 복수의 방사체(11)를 포함하고, 상기 처리 수단이 방사체들의 상이한 활성화 상태에 반응하여 수신된 신호들을 수학적으로 조합함으로써 맵을 확립하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 처리 수단이

- 각 주파수에 대해서, N^E 개의 활성화 상태에 반응하여 N^R 개의 검출기에 의해서 취득한 N^E 개 반응의 행렬 N^E X N^R 을 얻기 위하여, 각 활성화 상태에 반응하여 각 수신기에 의해 수신된 각 신호의 시간적 푸리에 변환,

- 수신 공간의 베이스의 구성 부분을 형성하는 적어도 하나의 특이 벡터를, 각각으로부터, 추출하기 위한 상기 행렬을 특이값 분해,

- 특이 수신 벡터의 베이스에서 주어진 평면파를 표시하는 벡터의 좌표의 계산을 수행하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 15

제 14 항에 있어서, 비교적 낮은 에너지 레벨에 상응하는 특이 벡터를 제거하기 위한 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 매체를 특성화하기 위한 초음파 방법 및 초음파 장치에 관한 것이다.

[0002] 본 발명은 특히 물체를 구성하는 고체 매체의 특성화에 적용되며, 특히 기지의 매체에 대해서 이전에 확립된 결과와의 비교에 의해서 성질, 조성, 균질도, 상태, 치수 등을 확인하는 문제와 관련된다.

[0003] 특히, 본 발명은 비파괴 수단에 의해서 기계적 성분의 상태를 검출하는 내용일 수 있다. 더 구체적으로, 본 발명은 사람이나 동물의 뼈의 상태, 특히 뼈의 피질층의 상태를 시험하는 문제일 수 있으며, 예를 들어 이로써 소아에서 뼈의 발달 단계, 골격에 영향을 미치는 특정 장애의 사례에서 뼈의 상태를 확인하거나, 또는 골다공증과 같은 뼈의 병리상태를 검출할 수 있고, 필요하다면 검출된 병리상태의 중증도를 평가할 수 있다.

배 경 기 술

[0004] 초음파 방법은 고가의 장비와 적합한 환경을 요하며, 바람직하지 않은 부작용을 가지고, 동일한 개체에 대해서는 적용 빈도가 제한되어야 하는 방사선학적 방법에 비해 많은 장점을 제공한다.

[0005] 방사(emission) 부위에 초음파 자극(ultrasonic excitation)을 적용하고, 몇 곳의 연속 수신 부위에서 상기 자극에 의해 발생된 제 1 신호의 도착을 검출하고, 이어서 이 제 1 신호의 전파 속도를 계산하는 것으로 구성된 특성화 방법이 공지되어 있다. 이 방법은 환자 신체의 외부 표면에 프로브(probe)를 적용함으로써 실시될 수 있다. FR 2 839 877은 조사될 뼈와 프로브 사이의 연조직(피부, 근육)의 변동 가능성이 있는 두께의 영향을 제거하는 방법 및 장치를 교시한다. 뼈의 피질층에서는 제 1 신호의 속도가 피질층의 두께, 골다공증의 존재 등과 같은 변수의 함수에 따라 변한다. 따라서, 제 1 신호의 속도를 측정하는 것만으로는 상이한 증상들을 구별할 수 없는 경우도 있다.

[0006] 현재, 펄스(pulse) 또는 다른 다주파수 자극(multifrequency excitation)과 같은 자극에 반응하여 수신기에서 관찰되는 초음파 신호는, 주파수의 함수에 따라 변하며 상이한 에너지 레벨을 갖는 상이한 속도로 전파되는 파(wave)들과 관련하여 몇 가지 이점을 제공한다. 신호 경로에 분포된 다수의 수신기에서 경시적으로 연속하여 자극 상태를 검출하고, 상기 검출 결과에 기초하여, 시간 및 공간의 함수로서, 조사 중인 매체를 따라서 전달되는 초음파 신호의 에너지 레벨의 영상을 확립하는 것이 공지되어 있다. 에너지 레벨의 이런 시공간적 영상은 자극과 관련하여 조사 중인 매체에서 자극 신호에 의해서 생성된 다양한 진동 모드의 결과들을 조합한다는 점에서 풍부한 정보를 담고 있다. 연속된 검출기들에 의해 수신된 신호로부터 전파 속도 및 주파수의 함수로서 에너지 레벨의 맵(map)을 추출하는 것이 공지되어 있다. 이 맵은, 예를 들어 주파수-전파 속도 기준 시스템의 각 포인트에서 에너지가 컬러 또는 그레이 레벨로서 표시된 형태를 취한다. 고 에너지의 라인이 뚜렷이 나타나고, 이것을 "경로"라고 하는데, 각각 진동 모드를 반영하여 전체적으로는 전파 매체를 특징짓는 형태를 이룬다.

[0007] 이 맵의 작성을 목표로 하는 구체예에서, 시공간적 영상은 특히 2-차원의 디지털 푸리에(Fourier) 변환에 의해서 처리될 수 있고, 그것으로부터 시간적 주파수와 공간적 주파수의 스펙트럼을 추출해서, 공간적 주파수의 값과 시간적 주파수의 값 사이의 대응관계를 특히 확립할 수 있다. 수신된 신호는 경시적으로 샘플링되고, 공간 안에는 유한한 수의 수신기가 있기 때문에, 공간 및 시간을 기준으로 에너지 레벨의 행렬(시간-공간) 형태가 표시된다. 다음에, 에너지 레벨의 행렬에 대해 2-차원 디지털 푸리에 변환(2DFT)을 수행하면 가변적 시간 및 공간으로부터 가변적 주파수 및 전파 속도로 변화하게 된다. 전술된 맵 작성은 2-차원 푸리에 변환(2DFT)의 시각화에 해당한다.

[0008] 그러나, 이 기술은 몇 가지 한계 및/또는 단점을 가진다. 에너지가 약한 모드가 에너지가 더 많은 모드에 의해 가려지는 경향이 있다. 노이즈를 일으키는 매체에서는 얻어진 영상의 품질이 악화된다. 또한, 공지된 기술은 대량의 데이터 취득을 필요로 하며, 특히 특성화될 매체를 포함하는 물체의 모양이나 치수에 의해서 검출기의 수가 제한되는 경우에 그러하다. 특히, 공지된 방법의 성능을 개선하기 위한 한 기술은 각 측정을 매우 여러 번 수행하고, 이어서 측정에서 얻어진 평균값들로 형성된 행렬을 수학적으로(2DFT) 처리하는 것으로 구성된다. 이것은 무작위로 발생하는 오차는 대부분 제거하지만, 시스템적 오차의 특정 출처들은 제거하지 못한다.

발명의 내용

[0009] 본 발명의 목적은 공지된 기술보다 근본적으로 개선된 성능을 제공하는 초음파 수단에 의한 특성화를 위한 방법 및/또는 장치를 제안함으로써 전술된 단점들의 적어도 일부를 극복하는 것으로 구성된다.

[0010] 본 발명에 따라서, 매체의 특성화를 위한 초음파 방법은

[0011] - 매체에 초음파 자극 신호를 적용하는 단계;

[0012] - 자극 신호가 적용된 방사 부위로부터 상이한 거리에 위치된 복수의 수신 부위에서 수신된 초음파 신호들로 구성된 반응을 검출하는 단계; 및

[0013] - 수신된 일련의 초음파 신호들로부터 주파수-전파 속도 기준 시스템에서 전파되었던 모드들의 맵을 추출하는 단계를 포함하며, 복수의 수신 부위에서 검출이 적어도 두 개의 상이한 자극 신호에 대해 연속적으로 수행되고, 이로써 진동 성분이 상이하거나 및/또는 상이하도록 부가되는 적어도 두 개의 반응이 각 수신 부위를 통과하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 초음파 자극에 대한 반응이, 진폭(에너지 레벨), 주파수, 시간적 위치(위상) 및 전파 속도를 각기 갖는 진동 성분들의 합계로서 분석될 수 있다는 것은 공지이다.

[0015] 자극(예를 들어, Dirac 펄스)은 그 자체가, 주파수 및 진폭(에너지 레벨)을 각기 갖는 진동 성분들로 형성된 것이라고 분석될 수 있다. 또한, 자극은 자극이 적용되는 방사 부위에 의해 특정되며, 본 발명의 맥락에서는 동일하게 이루어진 두 자극 신호가 상이한 방사 부위에 적용될 경우 상기 두 자극 신호는 상이하다고 생각한다.

[0016] 제 1 자극 신호와 상이한 제 2 자극 신호는 각 검출기에서 동일한 검출기에서 제 1 자극 신호에 반응하여 생성된 것과 상이한 반응을 생성한다.

[0017] 이런 특성은 다양한 방식으로 활용될 수 있다. 예를 들어, 자극 신호를 시간별로 변화시킴으로써 공지된 방법이 여러 번 수행될 수 있으며, 각 시간에서 방사된 자극 신호에 상응하는 맵을 획득하고, 다음에 얻어진 맵들을 비교 및/또는 부가하여 더 신뢰할 수 있는 결과의 맵을 생성한다.

[0018] 본 발명은 3개 이상의 상이한 자극 신호, 예를 들어 약 10개의 상이한 자극 신호를 이용하도록 창안되는 것이 바람직하며, 이로써 본 발명의 기본적 성능이 더욱 개선된다.

[0019] 본 발명에 따르면, 상이한 자극 신호는 이들의 각 방사 부위와 각 수신 부위 사이의 거리에 차이가 있는 것이 바람직하다. 또한, 이 경우, 자극 신호들은 그들 사이에 어떤 다른 차이는 갖지 않는 것이 바람직하며, 즉 기본적인 진동 성분들의 스펙트럼이 대략 동일해야 한다. 예를 들어, Dirac 펄스가 자극 신호로서 체계적으로 사용될 수 있다. 이러한 펄스에 대한 초음파 변환기의 반응은 중심 주파수의 어느 한쪽에서 진폭의 가우스(Gaussian) 분포를 갖는 특정 범위 내에 위치된 주파수들로 형성된 스펙트럼을 나타낸다는 것이 공지이다.

[0020] 주어진 매체에서 자극에 대한 반응이 상이한 속도로 전파되는 진동 성분들로 형성되기 때문에, 주어진 검출기로부터 상이한 위치에 적용된 동일하게 이루어진 2개 자극 신호에 대한 2개 반응의 진동 성분들은 이 검출기의 정면을 통과하면서 상이하게 부가된다. 따라서, 각 검출기에 의해 선택된 2개의 신호도 상이하다. 다시 한번, 3개 이상의 상이한 신호, 예를 들어 약 10개의 신호가 사용될 수 있으며, 이들은 각각의 방사 부위에 적용된다.

[0021] 따라서, 일반적인 경우에, 이런 바람직한 버전의 방법은 N^E 개의 방사체와 N^R 개의 수신기를 사용한다. 바람직하게, 방사체는 시간별로 하나씩 연속적으로 활성화되고, 방사체가 활성화되는 시간마다 각 N^R 개의 수신기별로 하나씩 N^R 개의 시간별 신호가 취득된다. 총합하여 N^E X N^R 개의 시간별 신호가 획득된다.

[0022] 실제로, 검출을 개선하기 위해서, 각 측정은 정해진 회수만큼 수행될 수 있으며, 이 방법의 나머지 부분에서 이용되는 전술된 시간별 신호는 각각 이 정해진 수의 동일한 자극에 반응하여 얻어진 신호들의 평균값으로 구성될 수 있다. 이런 가능성, 즉 이 방법의 나머지 부분에서 취득된 각 시간별 신호가 정말로 실제로 검출된 몇몇 신호들의 평균값일 가능성은 명료성을 위해 이후 더 이상 언급되지 않을 것이다.

[0023] 어떤 시간적 함수가 진폭, 주파수 및 위상(시간적 위치)을 가진 시간의 사인 함수의 합계로서 분석될 수 있다는 것은 공지이다. 진폭과 위상은 각기 하나의 동일한 복소수로 된 모듈(module)과 편각(argument)으로 표현될 수 있고, 이것을 "복소 진폭"(complex amplitude)이라고 한다. 복소수는 실수와 허수로 이루어진다는 것이 상기된다. 벡터의 원점에서 수직으로 교차하는 실수 축과 허수 축에 의해 한정된 기준 시스템에서 벡터로서 표시될 수 있다. 모듈은 벡터의 길이이고, 편각은 실수 축과 이루는 각이다.

[0024] 컴퓨터에 의해 수적으로(numerically) 수행될 수 있는 푸리에 변환이 함수를 구성하는 각 사인 함수와 관련된 복소 진폭을 제공할 수 있다. 시간적 푸리에 변환은 상기 변환을 시간의 함수에 적용하여 진동 성분들의 합계를 얻는 경우에 사용되는 명칭이다. 시간적 푸리에 변환에서 나타나는 사인 함수들의 주파수의 피치(2개의 연

속 주파수 사이의 간격)는 임의로 선택되며, 일반적으로는 원하는 결과 정확도, 계산 기간 및 적합하다면 사용된 데이터 처리 장치의 용량 한계를 절충하도록 선택된다.

[0025] 본 발명의 바람직한 구체예에서, 특히 시간적 푸리에 변환에 의해서, 수신된 각 초음파 신호, 즉 상기 언급된 N^E X N^R개의 시간별 신호 각각의 진동 성분들의 스펙트럼이 결정된다. 모든 푸리에 변환에 사용된 일련의 주파수들은 동일하다. 따라서, N^E X N^R 개의 시간별 신호 각각과 관련된 복소 진폭이 일련의 주파수들의 각 주파수에 대해서 획득된다.

[0026] 각 주파수에서, 이것은 N^E X N^R 개의 복소 진폭을 생성하며, 이들은 N^E X N^R 크기의 행렬 형태를 취할 수 있다.

[0027] 2-차원 푸리에 변환에 의해 측정된 신호에서 지도 작성으로 곧바로 직행하는 선행기술에 비해서, 본 발명은 이 단계에서 1-차원 푸리에 변환을 통해, 즉 시공간적 변환이 아니라 단순히 시간적 변환만을 통해 진행할 것을 제안한다.

[0028] 매체에서 전파되는 에너지는 주파수의 함수를 따라 선형 거동을 나타낸다는 것이 판명되었다. 이것은 자극 신호의 진동 성분과 관련된 에너지가 상기 자극에 대한 반응의 동일한 주파수의 진동 성분에서 다시 발견된다는 것을 의미한다. 이런 특징은 행렬 계산의 적용을 가능하게 한다.

[0029] 만일 위상 속도를 알고 있다면, 특히 시간적 위치(위상)와 관련하여 등위 방식(coordinated manner)으로 상응하는 주파수에서 모든 방사체를 자극하는 것이 가능할 것이며, 이로써 두 번째로 시작하는 각 방사체는 상위에 위치된 방사체 또는 방사체들로부터 기원하는 그것의 앞을 통과한 신호를 보강한다. 따라서, 한편으로는 자극을 증폭하는 것이 가능해지고, 다른 한편으로는 특히 에너지 레벨과 관련하여 이 자극에 대한 매체의 반응을 더 잘 관찰할 수 있게 될 것이다.

[0030] 행렬 계산이 이런 조사의 시뮬레이션을 가능하게 했음이 판명되었으며, 이로써 특성화될 매체에 각 주파수에서 에너지의 이동 속도를 정확하게 위치시킨다.

[0031] 행렬 계산은 어떠한 행렬에도 적용될 수 있는 "특이값 분해"(singular value decomposition)(SVD)라고 칭하는 작업을 교시한다. 이 수학 기법에 따르면, M x N 행렬은 특정한 세 자리 수로 분해되는데, 각각은 특이값(singular valus)과 2개의 관련된 특이 벡터(singular vector)를 포함한다. 벡터들 중 하나는 차원이 M이고, 나머지 벡터의 차원은 N이다. 세 자리 수는 행렬의 2개 차원, 즉 M 및 N 중 더 작은 것과 동일하다.

[0032] 각기 특정 주파수와 관련된 전술된 각 행렬에 이 특이값 분해를 적용할 경우에, 각 행렬(각 주파수)에 대해, N^E 개의 복소 좌표(complex coordinate)를 가진 방사 벡터(emission vector), N^R 개의 복소 좌표를 가진 수신 벡터(reception vector) 및 양의 실수인 특이값을 포함하는 N^E 개의 세 자리 수가 얻어진다.

[0033] 주어진 주파수에서, N^E 개의 방사 벡터는 자극의 수학 공간의 직교 벡터들의 베이스(base)를 구성한다.

[0034] 특이값은 이 주파수와 관련된 모드들의 에너지 레벨을 지시한다.

[0035] 각 주파수에서, N^E 개의 특이 수신 벡터는 반응의 수학 공간의 직교 벡터들의 베이스를 구성한다.

[0036] 다음에, 특이 수신 벡터가 관련된 평면파를 찾는다. 각 수신점에서 평면파를 표시하는 벡터가 구성된다. 주어진 주파수와 고정된 위상 속도에서 벡터의 좌표가 특이 수신 벡터에 기초하여 계산된다. 이것을 행함으로써 각 주파수에서 위상 속도를 변화시키면서 모든 평면파를 시험한다.

[0037] 이와 같이 계산된 좌표들의 합계의 제곱은 해당 쌍의 각 값과 관련된다(주파수, 위상 속도). 따라서, 영상은 레벨의 값이 0과 1 사이인 그레이 레벨로 구성된다. 이와 같이 얻어진 영상은 수신기의 네트워크를 따라서 전파되었던 모드들의 위상 속도 곡선을 드러낸다.

[0038] 주파수-전파 속도 기준 시스템에서, 경로들이 전부 하나의 동일한 에너지 레벨을 갖지는 않으며, 이 레벨은 심지어 경로를 따라서 상당히 변할 수도 있다. 실상의 에너지 레벨의 시각화는 이처럼 실제로는 명료성을 결여한 2DFT의 선행기술에 의해서 직접 획득되며, 이 경우 특정한 저-에너지 경로는 나타나지 않을 수 있고, 심지어 특정한 중간-에너지 경로도 고-에너지 경로의 환경에 의해 가려질 수 있다. 이런 이유로 인하여, 에너지 레벨의 표시를, 예를 들어 각 주파수의 최대 레벨에 1의 값을 제공함으로써 정규화하는 것이 유리하다.

[0039] 제안된 해결책은 에너지 레벨이 특이값으로 표현됨으로써 맵 상에 표시되는 레벨을 자동으로 정규화하며, 후자는, 본 발명에 따른 바람직한 해결책에서, 특정 단계에서 맵에 의해 표시된 레벨의 계산으로부터 제거된다.

[0040] 본 발명의 중요한 특징에 따르면, 최고 에너지 레벨을 갖는 주파수 반응만이 맵 작성 동안 유지된다. 주파수 반응 행렬의 특이값 분해를 포함하는 구체예에서, 가장 에너지가 풍부한 것만이 유지되도록 주파수 반응을 필터링하는 것은 특정 역치를 초과하는 특이값과 관련된 특이 수신 벡터만을 보유하는 것으로 매우 간단히 수행될 수 있다. 예를 들어, 각 주파수에 대해, 해당 주파수에서 발견된 최고 특이값과 관련된 정해진 수의 특이 수신 벡터들만 보유될 수 있다. 변형으로서, 각 주파수에 대해, 모든 주파수에 대해 동일할 수도 있고, 또는 주파수 또는 주파수 범위에 따라서 변할 수도 있는, 특정한 정해진 역치를 초과하는 특이값과 관련된 특이 수신 벡터만을 보유할 수 있다.

[0041] 필터링은 분석에서 노이즈에 해당한다고 생각되는 저-에너지 모드들의 제거를 가능하게 한다.

[0042] 영상의 각 포인트에서 표시된 레벨은 특이 수신 벡터의 베이스에 대한 주어진 평면파의 기여도를 표현한다. 그것이 높을수록 진동 모드가 진동 반응에 더 많이 기여한다.

[0043] 결과의 영상에서 특정한 정해진 역치, 예를 들어 0.6 또는 0.7을 넘는 값만을 보유하는 것으로 결과의 품질이 더 개선될 수 있다. 이 역치를 적용함으로써 기여가 큰 모드들만을 표시하도록 선택할 수 있다. 보유되지 않은 포인트는 모두, 예를 들어 이들의 레벨이 마치 0인 것처럼 시각화된다.

[0044] 고-에너지 구역은 상기 규정된 경로에 상응하는 능선을 가진 산맥 모양의 비트이다. 결과는 단지 경로만이 나타나도록 처리될 수 있다.

[0045] 본 발명의 제 2 양태에 따라서, 초음파 방사 수단과 한 줄의 초음파 수신기가 장착된 프로브, 방사 수단을 활성화하고, 방사 수단의 활성화 후 시간창 안에서 수신기로부터 기원하는 신호를 수신하기 위한 수단, 및 수신된 신호로부터 주파수-전파 속도 기준 시스템에서 에너지 레벨의 맵을 추출하기 위한 처리 수단을 포함하는 전술된 방법을 실시하기 위한 장치는. 방사 수단이 몇 개의 방사체를 포함하고, 처리 수단이 방사체들의 상이한 활성화 상태에 반응하여 수신된 신호들을 수학적으로 조합함으로써 맵을 확립한다는 점에서 특징적이다.

[0046] 상기 설명된 대로, 방사체들의 상이한 활성화 상태는, 예를 들어 각 시간마다 단일 방사체가 활성화되는 한편 다른 방사체들은 비활성화되고, 매번 활성화되는 방사체가 상이하다는 의미이다.

[0047] 바람직하게, 처리 수단은:

[0048] - 각 주파수에서N^E 개의 활성화 상태에 반응하여 N^R 개의 검출기에 의해서 취득된 N^E 개 반응의 행렬 N^E X N^R 을 획득하기 위한, 각 활성화 상태에 반응하여 각 수신기에 의해 수신된 각 신호의 시간적 푸리에 변환,

[0049] - 수신 공간의 베이스의 구성 부분을 형성하는 적어도 하나의 특이 벡터의 추출하기 위하여, 각각으로부터, 행렬의 특이값 분해,

[0050] - 특이 수신 벡터의 베이스에서 주어진 평면파를 표시하는 벡터의 좌표의 계산을 수행한다.

[0051] 이것은 상기 설명된 대로 제공되는 영상의 기원이 될 것이다.

[0052] 또한, 본 발명의 다른 특징 및 이점들이 비제한적인 두 실시예와 관련하여 이후 설명으로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0053] 도 1은 본 발명에 따른 장치의 도식도이다.

도 2는 2㎜ 두께의 구리 시트 위에 적용된 도 1의 프로브의 방사체와 검출기 또는 수신기의 어레이를 도식적으로 도시한다.

도 3은 도 2에 예시된 구체예에서 방사체 No. i에 의해 적용된 자극 신호에 반응하여 각 수신기에서 획득된 신호를 도시한다.

도 4는 특이값의 모듈을 주파수의 함수로서 도시한다.

도 5는 특이 수신 벡터의 베이스 사용 그래프를 도시한다.

도 6은 고정된 역치 이하의 특이값과 관련된 베이스으로부터 벡터를 제거한 후, 특이 수신 벡터의 기준선(베이

스)에서 평면파의 성분들의 제곱된 모듈의 맵을 주파수-전파 속도 기준 시스템에서 그레이 레벨에 의해서 도시한다.

도 7은 관련된 벡터가 특이 수신 벡터의 기준선에서 0.7을 초과하는 제곱된 놈(norm)을 갖도록 하는 평면파만을 고려한 후의 도 6의 맵을 도시한다.

도 8은 도 7의 맵으로부터 추출된 경로를 도시한다.

도 9는 양방향 푸리에 변환(2DFT)의 초기 기술과 본 발명을 사용하여 얻어진 결과들의 비교 그래프이다.

도 10은 환자의 팔에 본 발명에 따른 프로브를 적용한 것을 부분적으로 도식적으로 도시한다.

도 11은 도 5와 유사한 도면이며, 시험관내 요골에 프로브를 적용한 경우이다.

도 12는 그레이 레벨의 윤곽선이 표시된 상응하는 맵을 도시한다.

도 13은 본 발명에 따른 기술을 사용하여 얻어진 경로를 도시한다.

도 14는 선행기술에 따른 2DFT에 의해서 얻어진 경로를 도시한다.

도 15는 상응하는 이론적 경로를 도시한다.

도 16은 도 11과 유사한 도면이며, 본 발명이 "이미테이션" 뼈 재료의 2㎜ 두께 시트에 적용된 경우로서, 특이값이 데시벨로서 표시된다.

도 17은 상응하는 맵을 도시한다.

도 18은 이미테이션 뼈 재료의 시트에 대한 획득된 경로 및 이론적 경로를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0054] 도 1 및 2에 도시된 예에서, 본 발명에 따른 장치는 표시부 스크린(2)과 프린터(3)와 프로브(4)에 연결된 처리 유닛(1)을 포함한다.

[0055] 프로브(4)는 일반적으로 평탄한 모양의 활성면(6)을 포함하며, 이것은 특성화될 매체(5) 상에 직접 또는 간접적으로 적용된다. 활성면(6)은 주로 방사부(7)와 수신부(8)를 가지며, 이들은 방사부(7)와 수신부(8) 사이의 직접적인 초음파 전달을 방지하는 장벽(9)에 의해서 분리된다.

[0056] 도 2에 도시된 대로, 방사부(7)는 특정 수 N^E 개의 방사체(11)를 포함하고, 수신부(8)는 특정 수 N^R 개의 수신기(12)를 포함한다. 도 2를 너무 복잡하게 하지 않으려고, 단지 몇 개의 방사체(11)와 수신기(12)에만 참조번호를 붙였다. 방사체(11)가 정렬되고, 수신기(12)는 방사체(11)와 동일한 선 상에 정렬된다. 방사체 및 수신기의 피치는, 예를 들어 0.8㎜이다. 본 예에서, 이 피치는 방사체와 수신기에 대해 동일하다. 그러나, 상이한 피치를 선택하는 것이 유리할 수 있으며, 상이한 피치는 특히 서로 배수도 아니고, 약수도 아니다.

[0057] 처리 유닛(1)은, 이미 공지된 방식으로, 프로브의 방사부(7)에 의한 초음파 자극의 방사를 동시에 촉발하고, 시간을 카운팅하고, 방사의 촉발에서부터 시작하여 정해진 시간창 동안 각 수신기(12)에서 수신된 신호들을 기록하기 위한 수단을 포함한다.

[0058] 도 3은 가로좌표에 표시된 40㎲의 시간창 동안 이루어진 이러한 기록의 시각화를 그래프로 도시하며, 14개의 수신기(12)를 포함하는 프로브에 대해서, 각 번호는 세로좌표에 표시된다. 각 수신기에 대해, 수직 세로좌표축 상의 0 레벨의 신호는 해당 수신기와 관련된 신호의 출발점에 해당한다.

[0059] 각 방사체(11)는 처리 유닛(1)으로부터 수신된 전기적 신호를 프로브가 적용된 매체(5)에 전달되는 초음파 신호로 전환하는 초음파 변환기이다. 각 수신기(12)는 프로브가 적용된 매체(5)로부터 수신된 초음파 신호를 처리 유닛(1)으로 전송되는 전기적 신호로 전환하는 초음파 변환기이다. 처리 유닛(1)은 프로브(4)의 수신부(8)로부터의 신호를 처리하고, 이들로부터 수신기를 따라 전파되었던 초음파의 주파수의 함수로서 위상 속도의 변동을 추출하기 위한 수단을 함유하며, 이것에 대해서는 이후 더 상세히 설명된다.

[0060] 본 발명에 따라서, 처리 유닛(1)은 프로브(4)의 방사부(7)의 몇 가지 활성화 상태를 생성하고, 각 활성화 상태에 대해서 프로브(4)의 일련의 수신기(12)에 의해서 수신된 신호들을 기록할 수 있다. 연속하는 두 가지 상태를 생성할 때의 시간 간격은 적어도 처리 유닛(1)이 수신된 신호들을 기록하는 시간창(본 예에서는 도 3의 40㎲

s) 정도의 크기는 되어야 한다.

[0061] 설명된 예에서, 각 활성화 상태는 나머지는 비활성화인 상태에서 단지 1개의 방사체(11)만 활성화되는 것으로 구성된다. 활성화 상태는 활성화되는 방사체의 수만큼 서로 다르다. 모든 방사체는 활성화되었을 때 동일한 자극 신호를 방출하며, 이것은 전형적으로 Dirac 펄스에 대한 반응이다. 이 예에서, 활성화 상태의 수는 방사체의 수 N^E와 동일하지만, 제한적인 것은 아니다.

[0062] 도 2의 그림에서, x 축은 2개의 방사체(100)와 수신기(12)의 정렬 방향과 평행하고, 하첨자 "i"는 x 축을 따라 위치 x_i^E에 있는 고려중인 방사체(11)의 수를 표시하고, 하첨자 "j"는 x 축을 따라 위치 x_j^R에 있는 고려중인 수신기(12)의 수를 표시한다.

[0063] 따라서, 각 활성화 상태에서, 처리 유닛(1)은 도 3에 도시된 것과 유사한 세트를 형성하는 N^R 개의 시공간적 반응을 기록한다. 일단 처리 유닛(1)이 각 방사체(11)의 활성화에 각기 상응하는 N^E 개의 활성화 상태를 생성한 후, 처리 유닛(1)은 N^R 개의 시공간적 반응으로 이루어진 N^E 개의 세트를 취득하게 되고, 따라서 총합 N^R x N^E 개의 시공간적 반응이 취득된다. 이후, $r_{ji}(t)$는 방사체 No. i의 활성화에 반응하여 검출기 No. j에 의해서 취득된 시공간적 반응을 표시한다. 따라서, 도 3은 방사체 No. i의 활성화 후의 14개의 시공간적 반응, 즉 $r_{1i}(t)$에서 $r_{14i}(t)$까지를 도시한다.

[0064] 처리 유닛(1)에 의한 시공간적 반응의 처리를 이제 설명한다.

[0065] 시간적 푸리에 변환에 의해서, 자극 상태, 본 예에서는 방사체 "i"의 자극에 반응하여 수신기 "j"에 의해 수신된 각 시간적 신호 $r_{ji}(t)$는 주파수와 복소 진폭을 각각 갖는 진동 성분의 부가이며, 이것은 다음 식으로부터 각 주파수에 대해서 계산될 수 있다:

$$R_{ji}(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} r_{ji}(t) e^{-i2\pi ft} dt$$

[0066]

[0067] 이로써, 각 주파수 (f)에 대해서, N^R X N^E 개의 복소 진폭이 얻어지고, 이들은 N^R 개의 행(row)과 N^E 개의 열(column)을 갖는 행렬 R(f)의 형태로 쓰여질 수 있다:

$$\begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & \cdots & R_{1NE} \\ R_{21} & R_{22} & \cdots & R_{2NE} \\ \cdots & & & \\ R_{NR1} & R_{NR2} & \cdots & R_{NRNE} \end{pmatrix}$$

[0068]

[0069] 특이값 분해의 규칙에 따라서, 각 주파수 반응 매트릭스 R(f)는 N^E 항목의 합계에 상응하는 형태로 쓰여질 수 있는데, 이것은 각각 다음과 같은 행렬이다:

$$R(f) = \sum_{n=1}^{N^E} U_n(f) \cdot \sigma_n(f) \cdot {}^t V_n(f)^*$$

[0070]

[0071] 합계식의 각 항목은 벡터(행렬의 열) $U_n(f)$에 양의 실수 $\sigma_n(f)$를 곱하고, 거기에 또 다른 벡터 $V_n(f)$의 켤레수의 이항식으로서 표시된 행렬의 행을 곱함으로써 형성된다.

[0072] 이 식에서, $U_n(f)$는 N^R 개의 복소 좌표를 갖는 소위 말하는 "특이" 벡터로서, "수신 벡터"라고 칭해지고, $V_n(f)$는 N^E 개의 복소 좌표를 갖는 소위 말하는 "특이" 벡터로서, "방사 벡터"라고 칭해지며, $\sigma_n(f)$가 특이값이다.

각 주파수 f에 대해서, 특이 방사 벡터, 특이 수신 벡터 및 특이값으로 각각 형성된 세 자리 수 N^E(본 실시예에서는 방사체의 수와 동등한 활성화 상태의 수)가 있다는 것을 알 수 있다.

[0073] 본 발명에 따라서, 특이 방사 벡터는 각각 상이한 방사체들의 조합된 자극을 설명하며, 이것이 반응 모드를 자극하고, 각 특이값은 상응하는 특이 방사 벡터와 관련된 모드의 에너지 레벨을 표시하며, 각 특이 수신 벡터는 수신 신호 공간의 기준선의 단위 벡터들 중 하나로서 고려될 수 있다는 것이 판명되었다. 주파수와 관련된 각 기준선의 단위 벡터들은 서로 직교한다.

[0074] 다음에, 1차 필터링이 수행되는데, 이것은, 보인바 대로, 가장 에너지가 풍부한 반응에 상응하는 최고 특이값과 관련된 특이 벡터만을 보유하는 것으로 구성된다.

[0075] 도 4는 특이값 $\sigma_n(f)$을 주파수의 함수로서 도시한다. 역치 S_1는 임의로 결정된다. 역치 S_1 이하의 특이값은 노이즈 현상과 관련된다고 생각되며, 나머지 수학적 처리 과정에서는 상응하는 수신 벡터가 제거된다.

[0076] 행렬의 특이값의 수는 행렬의 2개 차원 중 작은 것과 동일하다. 본 예에서, $N^E = 8$의 방사체와 $N^R = 14$의 수신기가 있으므로, 행렬의 차원 중 작은 쪽은 $N^E = 8$이다. 따라서, 각 주파수에 대해 8개의 특이값이 있다. 필터링 후, 각 주파수에 대해서, 차원의 수 N^{EK}를 갖는 수신 공간이 획득되며, 차원의 수는 항상 동일한 것은 아니고, 이것은 활성화 상태의 수 N^E 미만이거나 또는 선택적으로 동일할 수 있으며, 수신기의 수 N^R 미만이다.

[0077] 이 1차 필터링은, 예를 들어 주파수의 함수에 따라 역치를 변화시키거나, 또는 각 주파수에 대해서 정해진 수의 특이값만을 보유함으로써 다소 상이하게 수행될 수 있으며, 상기 정해진 수는 모든 주파수에 대해 동일하거나, 또는 주파수의 함수 또는 주파수의 범위에 따라 가변적일 수 있다.

[0078] 사용된 필터링 방법과 무관하게, 각 주파수에 대해, 해당 주파수에서 수신기의 네트워크를 따라서 전파되는 파들에 대해서 N^{EK}개의 특이 수신 벡터들의 기준선이 획득된다.

[0079] 따라서, 해당 주파수와 관련된 기준선에서 어떤 평면파(주파수 f와 위상 속도 c의 쌍과 관련된)를 표현하는 것이 가능하다. 이 파는 N^R개의 좌표를 갖는 벡터 $e^{test}(f,c)$로 표현되며, 여기서 j번째의 좌표는 다음 식에 의해 주어진다:

$$e^{test}(f,c,j) = \frac{1}{\sqrt{N^R}} \exp\left[i \frac{2\pi f}{c} x_j \right]$$

[0080]

[0081] N^R의 제곱근으로 나누는 것은, N^R 성분의 제곱의 합, 즉 벡터의 모듈이 1이 되도록 하기 위한 것이다.

[0082] 특이 수신 벡터의 기준선에서, 시험 벡터 $e^{test}(f,c)$는 다음과 같이 표현된다:

$$e^{test}(f,c) = \sum_{n=1}^{N^{EK}} \left\langle e^{test}(f,c) \middle| U_n(f) \right\rangle U_n$$

[0083]

[0084] 기호 $\langle \cdots | \cdots \rangle$ 는 스칼라 곱을 나타낸다. 도 5에 이 작업이 예시되는데, 이것은 2개 차원($N^{EK} = 2$)을 가진 기준선의 2개 축 상에 시험 벡터를 투영하는 것으로 구성된다.

[0085] 흥미롭게도,

$$\left\langle e^{test}(f,c) \middle| U_n(f) \right\rangle = \tilde{U}(f,c)$$

[0086]

[0087] 상기 식에서 $\tilde{U}(f,c)$ 가 특이 벡터 U_n의 공간적 푸리에 변환이라는 점이 주목된다.

[0088] 이 예에서, 구성된 영상의 각 포인트(고정된 주파수, 고정된 위상 속도)는 다음 식에 의해서 규정된다:

[0089] $$im(f,c)=\sum_{n=1}^{N^{EK}}\left|\left\langle e^{test}(f,c)\middle|U_n\right\rangle\right|^2$$

[0090] N^{EK} 개의 특이 수신 벡터의 기준선에서 시험 벡터 투영 모듈의 제곱이 보유된다. 이것은 부분적으로 임의적이며, 또한 예를 들어 모듈 자체를 대표값으로서 선택할 수 있었고, 따라서 상기 식에 상응하는 값의 제곱근이 된 것이다. 시험 벡터의 모듈이 1과 등가이기 때문에, 보유된 특이 수신 벡터의 기준선에서 그것이 투영된 모듈은 항상 1 이하이다.

[0091] 도 6은 이와 같이 얻어진 영상을 도시하며, 이것은 도 1의 스크린(2) 상에 표시되거나, 또는 도 1의 프린터(3)에 의해서 그래픽 인쇄될 수 있다. 도면의 우측에 있는 축척은 각 그레이 레벨과 관련된 값을 설명한다. 그레이 레벨은 0에서 1 사이이고, 영상은 평면파를 표시하는 벡터의 제곱된 놈(norm)을 표시하며, 상기 놈(norm)은 상기 설명에 따라서 구성되는바 1을 초과할 수 없다. 도면의 좌측 아래에는 완전히 흰색인 2개의 삼각형 구역이 있는데, 이들은 낮은 유의성으로 인하여 계산되지 않았던 포인트들에 상응한다.

[0092] 도 7에 도시된 대로, 이 단계에서는 또한 제 2의 역치 S_2를 이번에는 결과의 영상에 대해 적용함으로써 2차 필터링을 수행하는 것이 가능하며, 제 2의 역치는 이 예에서 역시 0.7로 선택된다. 다음에, 특이 수신 벡터에 기여하는 평면파들 중에서, 최대 기여하는 것들만 보유된다(시험 벡터의 제곱된 놈(norm)의 최고값을 통해서).

[0093] 도 7로부터, 제 2의 역치 S_2 이상의 그레이 레벨에 상응하는 포인트들이 능선을 가진 일반적인 형태의 산맥을 나타낸다는 것을 볼 수 있다. 도 8의 그림에서, 능선만이 보유되며, 따라서 상기 규정된 것과 같은 경로들의 그림이 얻어진다.

[0094] 도 9의 그림에서 2㎜의 두께를 가진 구리 시트에 대한 공지된 이론적 경로가 실선과 점선으로 도시된다. 2DFT에 의한 선행기술의 방법을 사용하여 얻어진 경로는 작은 원으로서 규정되고, 이들은 각각 포인트를 표시한다. 특이값 분해(SVD)를 통해서 본 발명에 따른 방법을 사용하여 얻어진 경로는 검은색 점으로서 규정된다. 본 발명은 한편으론 이론에 더 가까운 경로를 나타내고, 따라서 아마도 더 정확하며, 본 발명은 다른 한편으론 선행기술의 방법이 2.5 내지 3MHz의 영역에서는 전혀 검출할 수 없었던 모드를 나타낸다는 것을 알 수 있다.

[0095] 도 10은 뼈(16)의 피질층(14) 위에서 환자에 프로브(4)를 적용한 것을 도시하며, 뼈는, 예를 들어 대퇴골, 요골 등일 수 있다. 특정 두께의 연조직(16)이 프로브(4)와 피질층(14)의 외부 표면 사이에 개재된다.

[0096] 도 11은 시험관내 실험 동안 5개의 방사체가 요골 위에 직접 적용되는 프로브를 사용하여 주파수의 함수로서 얻어진 특이값들을 도시한다. 방사체가 5개이므로, 각 주파수마다 5개의 특이값이 있다. 또한, 이 도면은 모든 주파수에 대해 일정한 역치 S_1의 예를 도시한다. 이 역치 이하의 특이값에 상응하는 특이 벡터들은 나머지 수학적 처리 과정에서는 보유되지 않는다.

[0097] 도 12는 상기 설명된 수학적 처리 후에 획득된 영상을 표시한다. 우측의 축척에서 0.6과 등가인 그레이 레벨은 원을 이루는데, 이것은 제 2의 역치 S_2로서 선택될 수 있다는 의미로서, 이 이하에서는 포인트가 0과 등가의 그레이 레벨을 갖는 것으로서 표시되며, 이것은 도 7을 참조하여 이미 설명된 바와 같다.

[0098] 도 13은 도 12에서의 시각화에 상응하는 경로를 도시한다. 도 14는 선행기술의 2DFT 방법을 사용하여 비슷한 실험 조건에서 얻어진 경로를 도시한다. 도 13 및 14의 경로는 도 15의 이론적 경로와 비교되어야 한다. 본 발명을 사용하여 얻어진 결과(도 13)에서는 이론적 모드를 인식할 수 있었지만, 선행기술을 사용하여 얻어진 결과(도 14)는 빗나간 포인트들이 많기 때문에 사용하는 것이 어렵다.

[0099] 따라서, 본 발명에 따른 방법은 노이즈가 상당히 제거된 더욱 정확한 결과를 제공할 수 있다는 것이 증명된다.

[0100] 도 16 내지 18은 미국 워싱턴주 배션 소재 Pacific Research Laboratories, Inc.의 분사인 Sawbones에서 제조된 재료의 2㎜ 시트 상에 본 발명을 실시하는 것으로 구성된 시험에 관한 것이다. 이 합성 재료는 뼈와 가능한 가까운 물리적 및 기계적 특성들을 제공하는 것을 목표로 개발되었다.

[0101] 도 16은 시간적 주파수의 함수로서 특이값을 도시한다. 특이값은 값 1(감쇠 데시벨 0에 상응한다)에 대한 감쇠하여 데시벨로 표현된다. 이런 데시벨 단위 표시는, 예를 들어 도 11에서보다 더욱 명확하게 낮은 값들을 시각

화하려는 목적을 가진다. 또한, 선택된 역치 S_1은 일정하지 않고, 주파수의 함수에 따라 변한다. 실험적으로 결정된 역치는 주파수들 사이의 피치가, 예를 들어 0.2MHz이도록 선택된 주파수들과 관련되었다. 더 구체적으로, 각 주파수와 관련된 역치는 가능한 많은 유용한 정보를 보유할 수 있을 만큼은 낮지만, 노이즈를 가능한 제거할 수 있을 만큼 높은 값으로 선택된다. 이를 행하기 위해서, 도 17의 영상에서 고려된 주파수에 상응하는 수평 밴드를 관찰하면서 이 밴드가 밝은 바탕에 비하여 눈에 띄는 가능한 많은 어두운 구역을 나타내도록 역치가 조정된다.

[0102] 도 17은 장치의 스크린 상에 제공된, 시간적 주파수(세로좌표)-공간적 주파수(가로좌표)의 평면 상에서 특이값이 투영된 영상을 도시한다. 주어진 시간적 주파수에서, 공간적 주파수는 전파 속도를 지시한다. 이 맥락에서, 도 17의 그래프는 시간적 주파수가 가로좌표 상에 있는 도 6 및 7의 것들과 동일한 종류이다. 도 17에서, 우측의 수직 축척은 도 6을 참조하여 설명된 그레이 레벨을 설명한다.

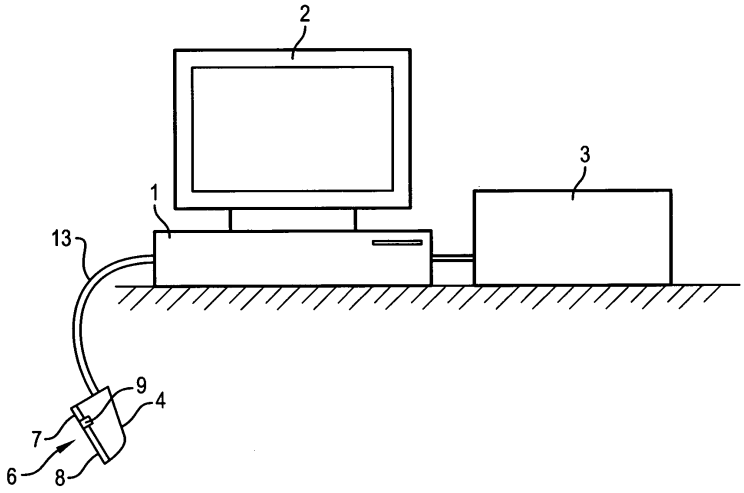
[0103] 도 18은 도 17의 영상의 극대점들에 의해서 얻어진 위상 속도를 도시한다. 얻어진 포인트들은 작은 원으로서 표시된다. 실선과 점선은 이론적 경로를 예시한다.

[0104] 특정 경로에 대해 얻어진 결과는 합리적으로 만족할 만한 정도이지만, 특정 경로 및 경로의 일부분은 얻어지지 않는다. 이 결과는 구리 시트에 대한 것보다 덜 완벽하다. 이것은 구리에 비해 노이즈가 더 많고 감쇠가 더 심한 뼈가 매체이기 때문에 놀라운 일은 아니며, 따라서 기록된 신호는 더 낮은 품질을 가지는 것이다.

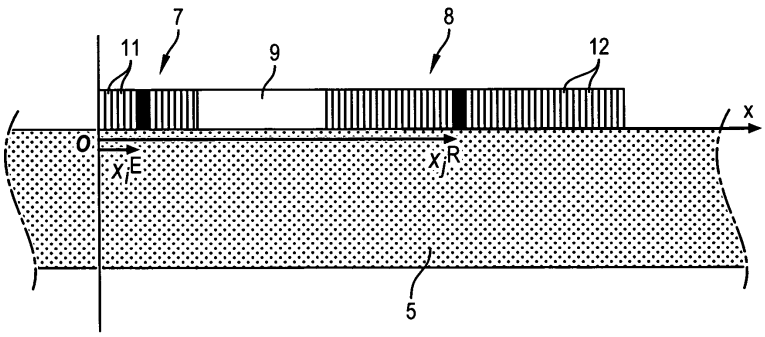
[0105] 물론, 본 발명은 설명되고 도시된 예들에 제한되지는 않는다.

도면

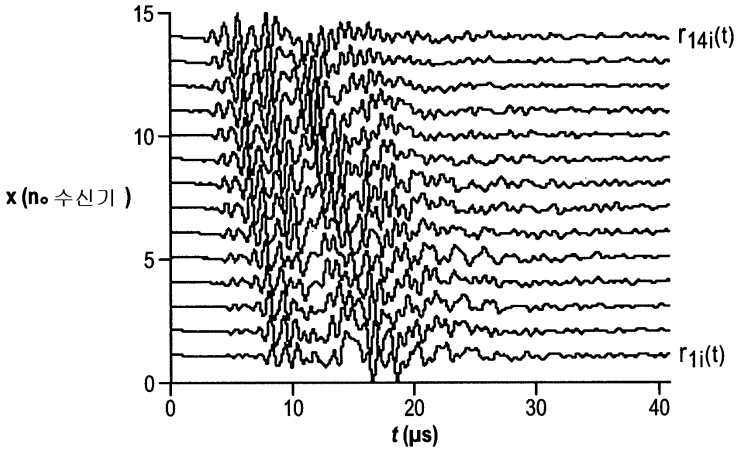
도면1



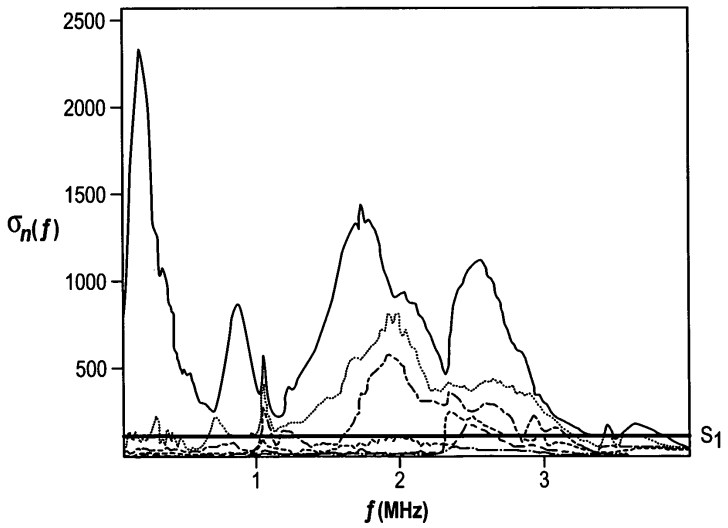
도면2



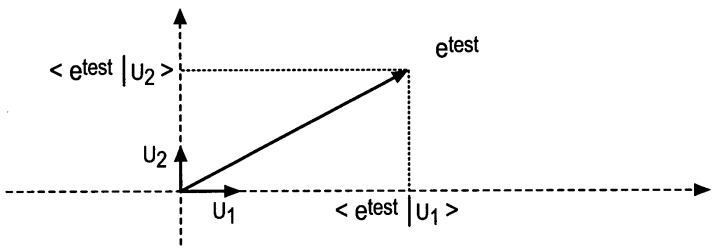
도면3


15
10
5
0
x (n° 수신기)
r14i(t)
r1i(t)
0
10
20
30
40
t (μs)

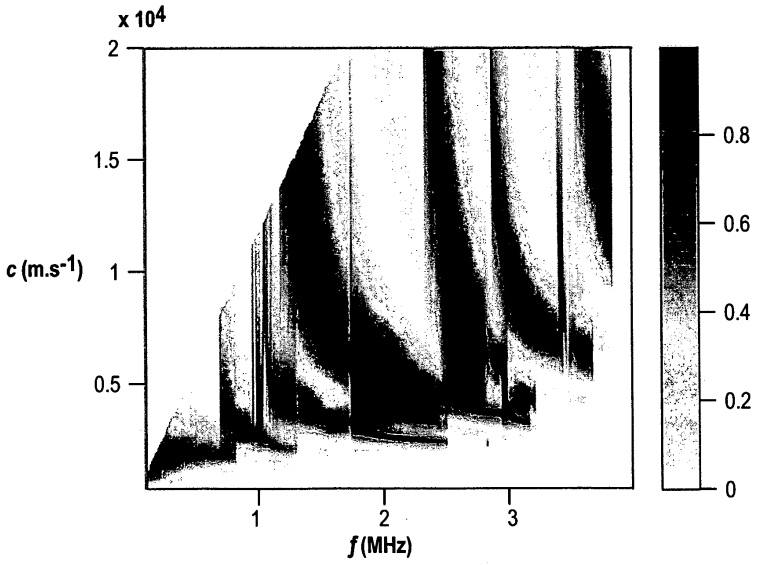
도면4


2500
2000
1500
1000
500
σn(f)
S1
1
2
3
f (MHz)

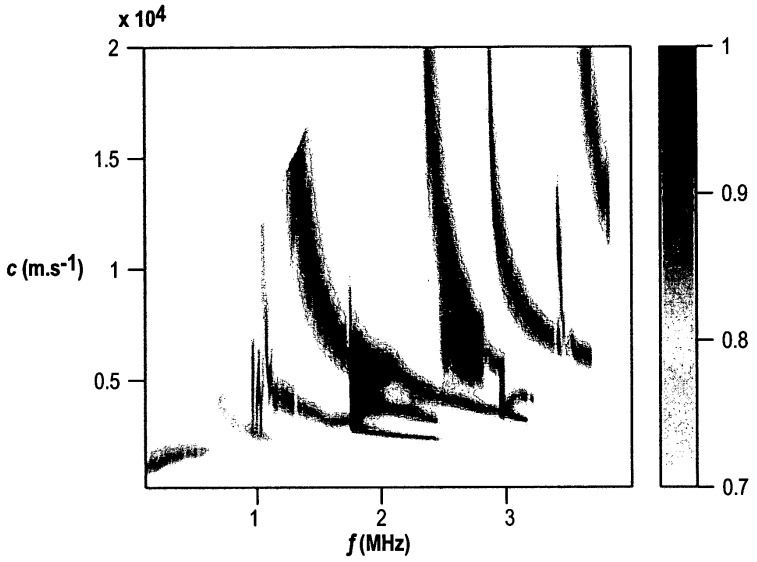
도면5


< etest | U2 >
etest
U2
U1
< etest | U1 >

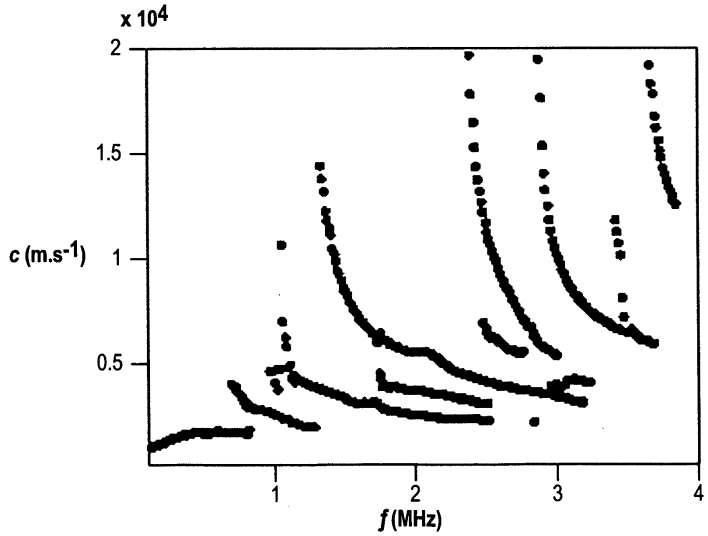
도면6


x 10^4
2
1.5
1
0.5
c (m.s-1)
1
2
3
f (MHz)
0.8
0.6
0.4
0.2
0

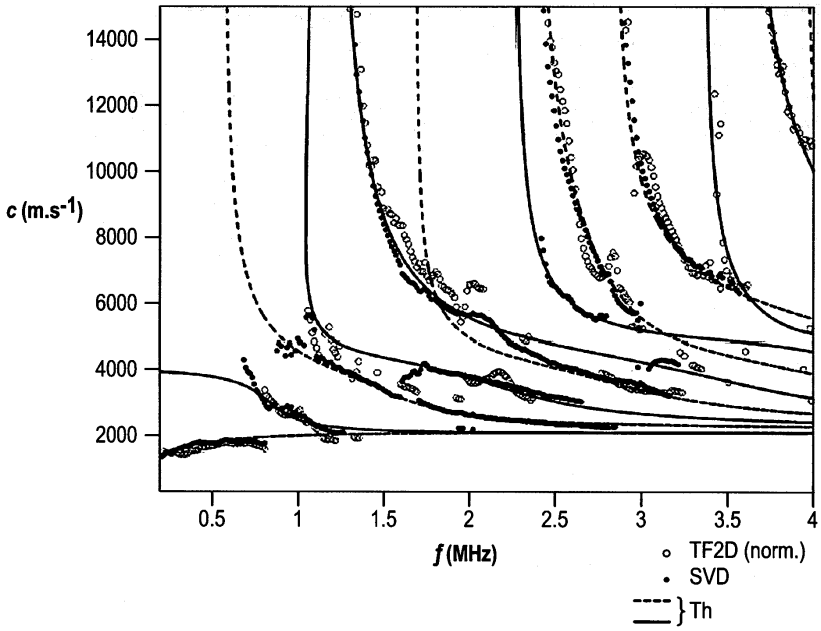
도면7


x 10^4
2
1.5
1
0.5
c (m.s-1)
1
2
3
f (MHz)
1
0.9
0.8
0.7

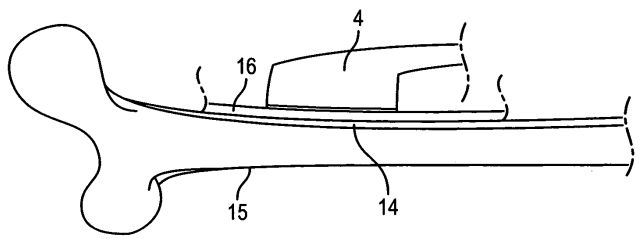
도면8


x 10^4
2
1.5
1
0.5
c (m.s-1)
1
2
3
4
f (MHz)

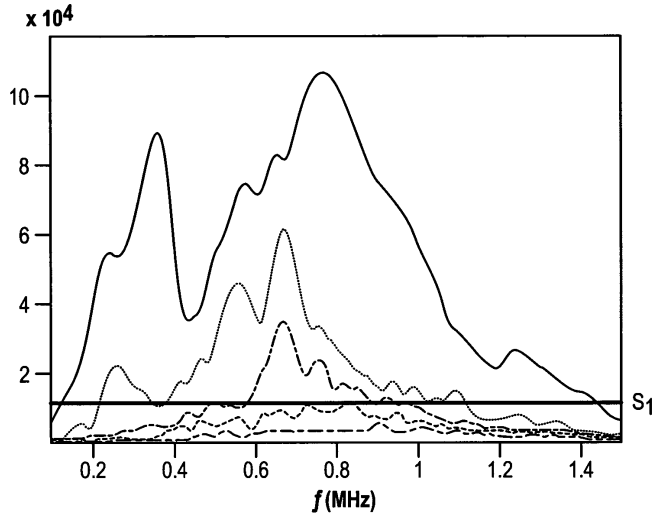
도면9


14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
c (m.s-1)
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
f (MHz)
TF2D (norm.)
SVD
Th

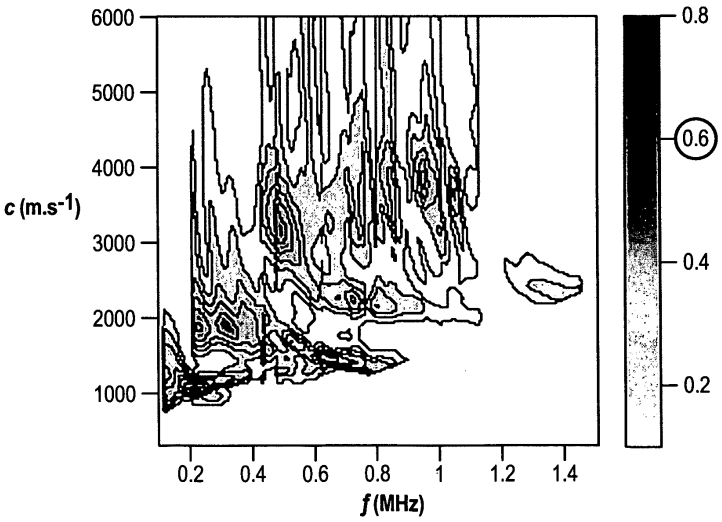
도면10


4
16
15
14

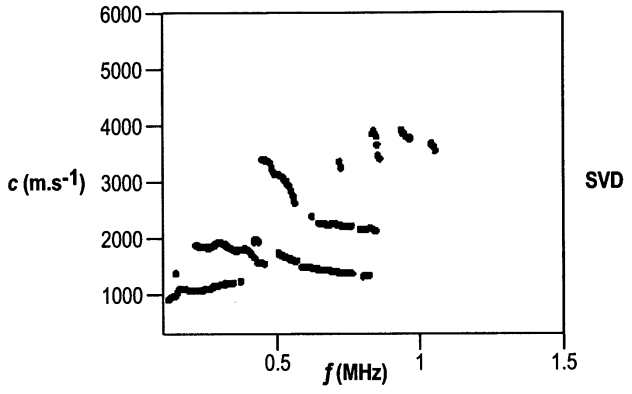
도면11



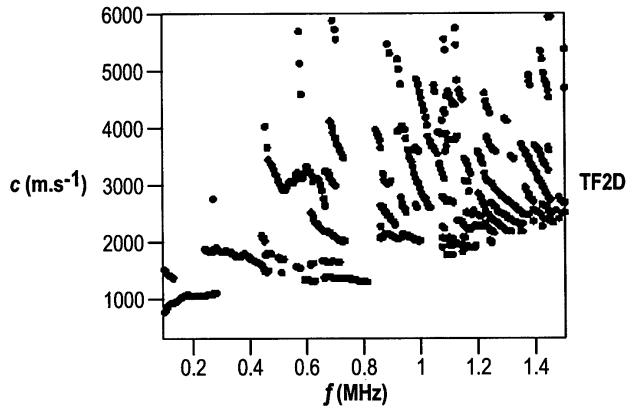
도면12



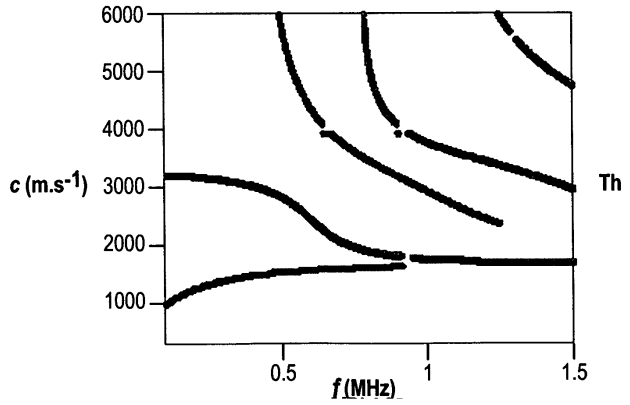
도면13



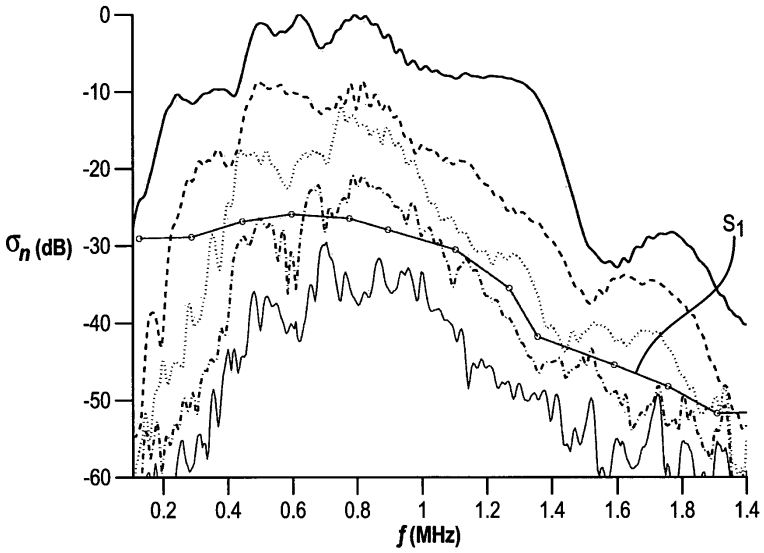
도면14



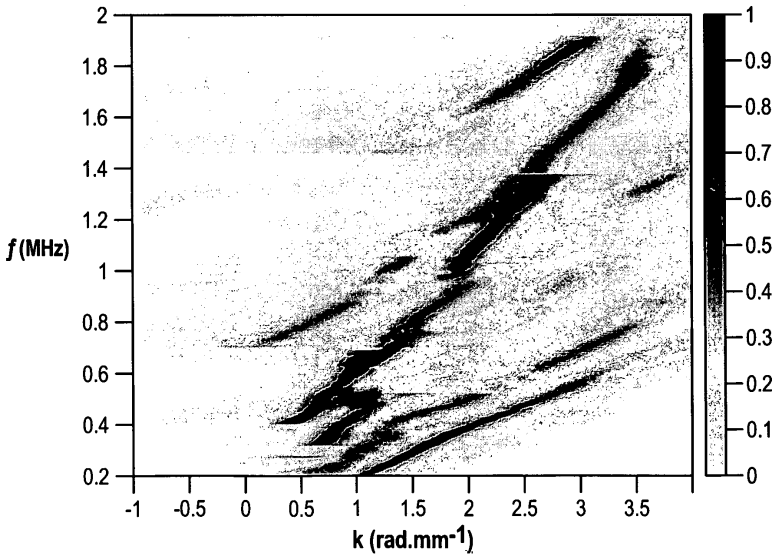
도면15



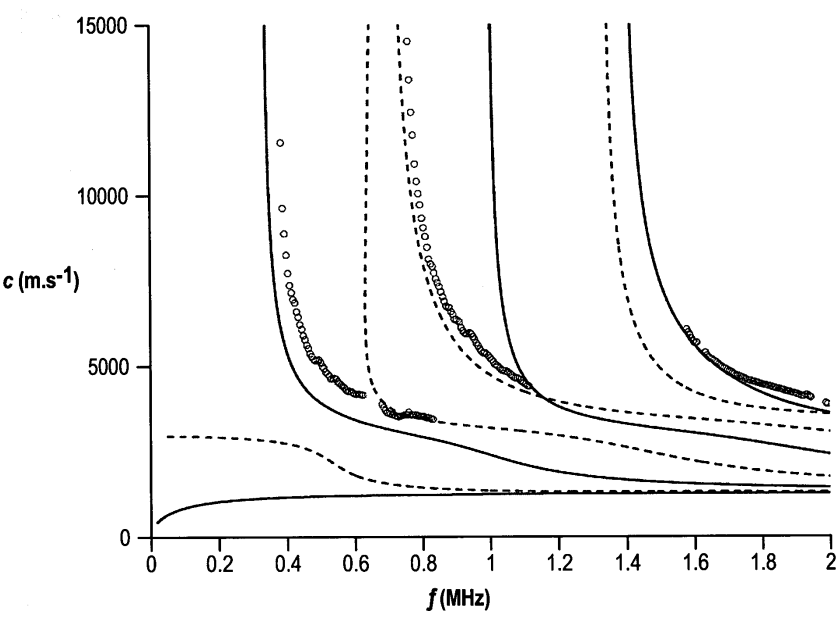
도면16



도면17



도면18



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 10의 두번째줄

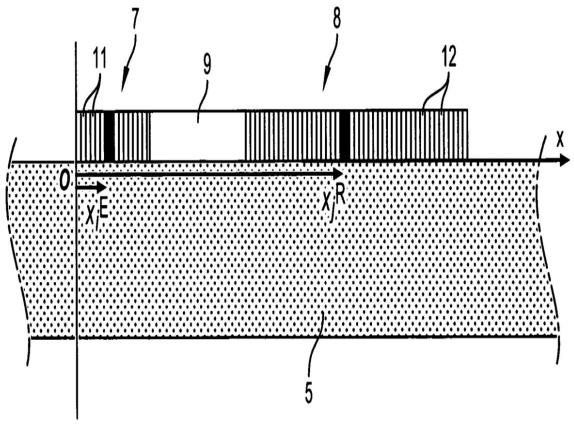
【변경전】

방사제

【변경후】

방사체

专利名称(译)	用于表征介质的超声方法和装置		
公开(公告)号	KR101705846B1	公开(公告)日	2017-02-22
申请号	KR1020127000767	申请日	2010-06-11
[标]申请(专利权)人(译)	法国国家科学研究中心 门的日子.我知道秀吧垃圾点反传统的血了 曼彻斯特大学 UNI-TE贝西巴黎6皮埃尔和玛丽漏勺		
申请(专利权)人(译)	圣彼得堡和乐乐塞尔德拉syonal sswi翔蒂皮关闭 在漏勺统一贝西特玛丽皮埃尔（巴黎6）		
当前申请(专利权)人(译)	圣彼得堡和乐乐塞尔德拉syonal sswi翔蒂皮关闭 在漏勺统一贝西特玛丽皮埃尔（巴黎6）		
[标]发明人	MINONZIO JEAN GABRIEL 미농지오장가브리엘 TALMANT MARYLINE 딸망마릴린 LAUGIER PASCAL 라우기에파스칼		
发明人	미농지오,장 가브리엘 딸망,마릴린 라우기에,파스칼		
IPC分类号	G01N29/46 A61B8/08 G01N29/06 G01N29/07		
CPC分类号	G01N29/46 A61B8/0875 G01N29/07 G01N29/0654 G01N2291/02483 G01N2291/106		
优先权	2009002856 2009-06-11 FR		
其他公开文献	KR1020120036964A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

E R. 将包括N个超声波辐射器11和N个超声波接收器12的探头应用于待表征的介质。每次发射E R. 主体11被连续激活，并且每次在时间窗口中在一系列接收器12中检测到信号。对检测到的N×N信号分别进行时间傅立叶变换，以获得具有各自的时间频率E R的振动分量之和 它被切换。对于每个频率，提取具有相应频率的振动分量的复振幅的矩阵N×N。这些矩阵（每个频率一个）被分解为奇异值，对于每个频率，最小值被移除，它通过与奇异值相关联的所述奇异向量保持，并且形成所接收的信号空间的参考线。计算由该基线处的每个速度（空间频率）指定的每个平面波的贡献。该贡献以频率传播速度参考系统中的灰度级的形式表示。用于改进介质特性，尤其是噪声生成介质。 专利号10-1705846