



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0083922
(43) 공개일자 2012년07월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 8/00 (2006.01) G01N 29/24 (2006.01)
B06B 1/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7013801
(22) 출원일자(국제) 2010년10월28일
심사청구일자 2012년05월29일
(85) 번역문제출일자 2012년05월29일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2010/069642
(87) 국제공개번호 WO 2011/055767
국제공개일자 2011년05월12일
(30) 우선권주장
JP-P-2009-254752 2009년11월06일 일본(JP)

(71) 출원인
캐논 가부시끼가이샤
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고
(72) 발명자
아키야마 다카히로
일본 1468501 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내
다카기 마코토
일본 1468501 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
박충범, 장수길

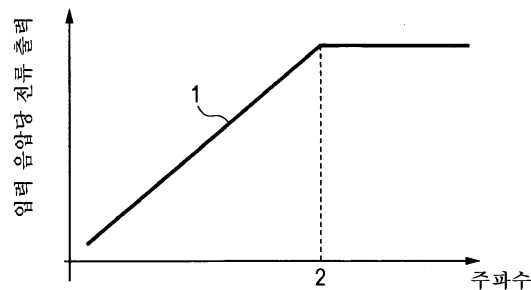
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 초음파 검출 장치 및 초음파 진단 장치

(57) 요약

공극을 두고 대향하도록 배치된 제1 전극과 제2 전극을 포함하는 셀을 포함하는 용량형 전기기계 변환기, 제1 전극과 제2 전극 사이에 전위차를 발생시키기 위한 전압원, 제2 전극의 진동에 기인한 제1 전극과 제2 전극 사이의 정전 용량의 변화에 의해 유발되는 전류를 전압으로 변환하는 전기 회로를 포함하고, 용량형 전기기계 변환기는, 주파수에 대하여 제1 컷오프 주파수를 갖는 하이패스 특성을 갖는 출력 전류를 제공하고, 전기 회로는, 주파수에 대하여 제2 컷오프 주파수를 갖는 로우패스 특성을 갖는 출력을 제공하고, 제2 컷오프 주파수는 제1 컷오프 주파수보다 작은, 초음파 검출 장치가 제공된다.

대표도 - 도1a



(72) 발명자

후지이 가즈나리

일본 1468501 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메
30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내

미즈타니 히데마사

일본 1468501 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메
30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내

특허청구의 범위

청구항 1

공극을 두고 대향하도록 배치된 제1 전극과 제2 전극을 포함하는 셀을 포함하는 용량형 전기기계 변환기,

상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 전위차를 발생시키는 전압원, 및

상기 제2 전극의 진동에 기인한 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이의 정전 용량의 변화에 의해 유발되는 전류를 전압으로 변환하는 전기 회로를 포함하고,

상기 용량형 전기기계 변환기는, 주파수에 대하여 제1 컷오프 주파수를 갖는 하이패스 특성을 갖는 출력 전류를 제공하고,

상기 전기 회로는, 주파수에 대하여 제2 컷오프 주파수를 갖는 로우패스 특성을 갖는 출력을 제공하고,

상기 제2 컷오프 주파수는 상기 제1 컷오프 주파수보다 작은, 초음파 검출 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 용량형 전기기계 변환기는, 기판에 배열된 제1 전극, 상기 제1 전극과 대향하도록 설치된 제2 전극, 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 유지되는 절연체와 공극, 및 상기 제2 전극을 상하로 진동 가능하게 지지하는 진동 막을 포함하는, 초음파 검출 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 초음파 검출 장치의 주파수 특성에 있어서, 상기 제1 컷오프 주파수와 상기 제2 컷오프 주파수의 기하 평균은 0.4MHz로부터 1.0MHz까지의 범위에 있는, 초음파 검출 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 전극과 상기 제2 전극으로 구성되는 커패시터들 각각은, 복수의 공극, 및 복수의 제2 전극 또는 복수의 진동 막을 포함하고,

상기 용량형 전기기계 변환기의 출력 전류의 특성은, 상기 복수의 제2 전극 또는 상기 복수의 진동 막의 기계적 특성들의 평균과 상기 커패시터들의 정전 용량들을 포함하는 인자에 따라 결정되는, 초음파 검출 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 커패시터들은 2차원적으로 배열되고,

상기 제2 전극 또는 상기 진동 막의 진동 정보는 2차원적으로 검출될 수 있는, 초음파 검출 장치.

청구항 6

제1항에 따른 초음파 검출 장치,

광원, 및

상기 초음파 검출 장치에 의해 검출된 신호를 처리하는 신호 처리 시스템을 포함하고,

상기 광원으로부터 방출된 광을 검사 대상에 인가하고, 상기 검사 대상에 인가된 광에 기인한 광음향 효과에 의해 발생하는 탄성파를 상기 초음파 검출 장치에 의해 검출하고, 검출 결과를 상기 신호 처리 시스템에 의해 처리함으로써 상기 검사 대상에 관한 정보를 취득하는, 초음파 진단 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 초음파 검출 장치 및 초음파 진단 장치에 관한 것으로, 특히, 용량형 초음파 검출 장치 및 그것을 이용하는 초음파 진단 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 종래, 간격을 두고 배치된 전극들을 갖는 셀을 포함하는 용량형 초음파 검출 장치가 알려져 있다(미국특허 제 6,430,109호 공보를 참조). 특히, 최근에, 미세가공 기술(micromachining technology)을 이용한 용량형 미세 가공된 초음파 변환기들(capacitive micro-machined ultrasonic transducers: CMUT)이 활발히 연구되고 있다. 이 CMUT는, 경량의 진동 막(vibrating membrane)을 이용해서 초음파를 송신 또는 수신하고, 변환기가 액체 및 기체 중에 놓이더라도 우수한 광대역 특성이 용이하게 얻어질 수 있다. 종래의 의료용 진단 모달리티(modality)보다 이 CMUT를 이용한 고정밀도의 초음파 진단이 유망한 기술로서 점점 더 주목받고 있다. CMUT의 초음파 수신 기능은, 용량형 전기기계 변환기와 후단에 배치된 전기 회로에 의해 수행된다. 진단의 용량형 전기기계 변환기의 출력은, 정전 용량의 시간 변동에 의해 유발되기 때문에, 출력은 전류 출력이다. 따라서, 후단에서 전류-전압 변환 및 증폭 회로를 이용하는 것이 일반적이다.

[0003] 한편, 지금까지, 실용적인 초음파 변환기에는 주로 압전 재료(piezoelectric material)가 사용되어 왔다. 이 압전형 장치의 해상도는 주파수에 비례하기 때문에, 초음파 변환기는 보통 3MHz로부터 10MHz까지의 범위에 중심 감도를 갖는다. 압전형 장치와 비교해서, CMUT는 넓은 주파수 대역을 갖는 특징이 있다. 그러나, 압전형이 종래의 일반적인 초음파 진단 센서로 대체되려고 하기 때문에, 이 센서의 중심 주파수도 3MHz 내지 10MHz 정도가 일반적이다. 그러나, 넓은 주파수 대역을 유효하게 이용하기 위해, 후단의 전기 회로에도 넓은 대역이 요구된다. CMUT의 초음파 수신 기능의 주파수 특성은, 용량형 전기기계 변환기의 컷오프 주파수와 증폭 회로의 컷오프 주파수 사이의 밴드패스형(band pass type)으로서 구성되는 것이 일반적이다. 따라서, 수신 대역보다 충분히 큰 컷오프 주파수를 갖는 증폭 회로가 종종 이용된다. 이 점에 관해서, "IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, Vol. 55, No. 2, Feb. 2008"은, 피드백 저항과, MOS 트랜지스터 회로에 기생적으로 존재하는 용량인 피드백 용량을 갖는 증폭 회로를 개시한다. 그 결과, 전술한 문헌에 개시된 CMUT의 주파수 대역은 2MHz로부터 7MHz까지의 범위에 들어온다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 전술한 기술적 상황 하에서, 검체의 검사에 있어서, 형태 화상뿐만 아니라 기능 화상도 표시하는 초음파 변환기들이 최근에 점점 더 개발되고 있다. 이 타입의 초음파 변환기들 중 하나로써, 광음향 분광 분석법(photoacoustic spectrometry)을 이용한 초음파 변환기가 있다. 이러한 광음향 분광 분석법에 이용되는 광음향파의 주파수 대역은, 초음파 에코(echo)에 이용되는 초음파의 주파수 대역과 비교하면 일반적으로 낮다. 예를 들면, 광음향파의 주파수 대역은 200KHz로부터 2MHz까지의 범위에 분포되는데, 이것은, 초음파 에코에 이용되는 초음파의 중심 주파수 3.5MHz보다 낮다. 그 때문에, 비교적 낮은 주파수 대역을 고감도로 검출할 수 있는 초음파 변환기가 개발될 필요가 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 상기의 과제를 감안하여, 본 발명에 따른 초음파 검출 장치는, 용량형 전기기계 변환기, 전압원, 및 전기 회로를 포함하고, 다음의 특징을 갖는다. 용량형 전기기계 변환기는, 공극을 두고 대향하도록 배치된 제1 전극과 제2 전극을 포함하는 셀을 포함한다. 전압원은, 제1 전극과 제2 전극 사이에 전위차를 발생시키기 위한 것이다. 전기 회로는, 제2 전극의 진동에 기인한 제1 전극과 제2 전극 사이의 정전 용량의 변화에 의해 유발되는 전류를 전압으로 변환한다. 용량형 전기기계 변환기는, 주파수에 대하여 제1 컷오프 주파수를 갖는 하이패스 특성(high-pass characteristic)을 갖는 출력 전류를 제공하고, 전기 회로는, 주파수에 대하여 제2 컷오프 주파수를 갖는 로우패스 특성(low-pass characteristic)을 갖는 출력을 제공한다. 또한, 제2 컷오프 주파수는 제1 컷오프 주파수보다 작다.

[0006] 또한, 상기의 과제를 감안하여, 본 발명에 따른 초음파 진단 장치는, 전술한 초음파 검출 장치, 광원, 및 초음

파 검출 장치에 의해 검출된 신호를 처리하는 신호 처리 시스템을 포함한다. 또한, 광원으로부터 방출된 광을 검사 대상에 인가하고, 검사 대상에 인가된 광에 기인한 광음향 효과에 의해 발생하는 탄성파(elastic wave)를 초음파 검출 장치에 의해 검출하고, 검출 결과를 신호 처리 시스템에 의해 처리함으로써, 검사 대상에 관한 정보를 취득한다.

발명의 효과

[0007] 본 발명에 따르면, 전류-전압 변환 및 증폭 회로의 컷오프 주파수가 용량형 전기기계 변환기의 컷오프 주파수보다 크게 설정되어, 그들의 주파수 특성을 서로 맞춤으로써 초음파 검출 장치의 주파수 특성을 제공하는 것을 목표로 한다. 따라서, 종래의 초음파 프로브보다 낮은 주파수 대역을 대역으로서 갖는 초음파 검출 장치를 실현할 수 있다. 또한, 초음파 검출 장치, 광원, 및 신호 처리 시스템에 의해, 광음향 분광 분석법에 적합한 초음파 진단 장치를 제공할 수 있다.

[0008] 본 발명의 다른 특징들은 첨부 도면을 참조하여 하기의 예시적인 실시 형태들의 설명으로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1a, 도 1b, 및 도 1c는 본 발명에 따른 초음파 검출 장치의 전단에 배치된 용량형 전기기계 변환기, 그의 후단에 배치된 전기 회로, 및 그의 전체 장치의 주파수 특성들을 각각 도시하는 그래프이다.

도 2는 본 발명의 실시 형태에 따른 초음파 검출 장치의 구성을 도시하는 도면이다.

도 3a 및 도 3b는 본 발명의 다른 실시 형태에 따른 초음파 검출 장치의 구성도이다.

도 4a 및 도 4b는 본 발명의 또 다른 실시 형태에 따른 초음파 검출 장치의 구성도이다.

도 5는 본 발명의 실시 형태에 따른 초음파 진단 장치의 구성도이다.

도 6a, 도 6b, 및 도 6c는 종래 기술의 주파수 특성들을 도시하는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 이하, 본 발명의 실시 형태들에 따른 초음파 검출 장치 및 초음파 진단 장치를 설명한다.

[0011] 본 발명에 따른 장치들에 있어서 중요한 특징은, 용량형 전기기계 변환기로부터의 출력 전류의 하이패스 특성의 주파수 특성의 제1 컷오프 주파수보다 전기 회로로부터의 출력의 로우패스 특성의 주파수 특성의 제2 컷오프 주파수를 작게 하는 것에 있다. 이들의 컷오프 주파수, 하이패스 특성, 및 로우패스 특성의 정의를 설명한다. 후술하는 바와 같이, 용량형 전기기계 변환기로부터의 출력의 주파수 특성은, 진동 막의 진공 중의 공진 주파수에서 최대가 된다. 즉, 진동 막이 공진 주파수에서 진동할 때, 출력의 최대값이 얻어진다. 본 발명의 주파수 특성은, 최대 주파수보다 저주파수측에서 3dB 정도만큼 저하된 주파수(제1 컷오프 주파수)로부터, 공진 주파수를 거쳐, 반공진 주파수들(antiresonant frequencies) 사이의 밴드패스 특성의 주파수 특성이다. 실제로 제작되는 장치에서는, 최대 출력의 주파수 근방의 범위에서의 평균값을 이용하여 제1 컷오프 주파수를 정의할 수 있다. 이 경우의 용량형 기계전기 변환기의 주파수 특성은 제1 컷오프 주파수를 갖는 하이패스 특성으로 된다. 즉, 본 발명에 있어서의 하이패스 특성은, 컷오프 주파수보다 낮은 주파수 도메인에서는 실질적으로 소정의 기울기로 주파수에 대하여 게인(gain)이 증가하고, 컷오프 주파수보다 높은 주파수 도메인에서는 평탄한 분포를 갖는다. 한편, 후단의 전류-전압 변환 및 증폭 회로는, 피드백 저항값과 피드백 용량값에 따라 결정되는 제2 컷오프 주파수를 갖는 로우패스 특성의 주파수 특성을 갖는다. 본 발명에 있어서의 로우패스 특성은, 컷오프 주파수보다 높은 주파수 도메인에서는 소정의 기울기로 주파수에 대하여 게인이 감소하고, 컷오프 주파수보다 낮은 주파수 도메인에서는 평탄한 분포를 갖는다. 이 경우에, 제2 컷오프 주파수는 저역에서의 게인보다 3dB 정도만큼 저하한 게인을 나타내는 주파수를 의미한다. 구체적으로, 로우패스 특성은, 컷오프 주파수보다 낮은 도메인에서는 "평탄"하게 되고, 컷오프 주파수보다 높은 도메인에서는 "소정의 기울기로 감소하는 게인"을 갖는다. 마찬가지로, 하이패스 특성은, 컷오프 주파수보다 낮은 도메인에서는 "소정의 기울기로 증가하는 게인"을 갖고, 컷오프 주파수보다 높은 도메인에서는 "평탄"하게 된다. 본 발명에 있어서, "평탄한 분포"는 소정의 게인을 의미하지만, 분포가 완전히 평탄할 경우뿐만 아니라, 주파수 특성에 대한 게인의 기울기가 장치 설계상 무시될 수 있을 정도로 작은 기울기인 경우도 포함한다.

[0012] 상기의 개념에 기초하여, 본 발명에 따른 초음파 검출 장치 및 초음파 진단 장치는 전술한 기본적인 구성을 갖는다. 이 기본적인 구성에 기초하여, 후술하는 실시 형태들이 구현될 수 있다. 예를 들면, 용량형 전기기계

변환기는, 기관에 배치된 제1 전극, 제1 전극과 대향하는 제2 전극, 제1 전극과 제2 전극 사이에 유지되는 절연체 및 공극, 및 제2 전극을 상하로 진동 가능하게 지지하는 진동 막을 포함한다(후술하는 실시 형태 1을 참조). 또한, 초음파 검출 장치에 있어서, 제1 전극과 제2 전극을 포함하는 커패시터는, 복수의 공극, 및 복수의 제2 전극 또는 진동 막을 포함한다. 용량형 전기기계 변환기의 출력 전류의 특성은, 복수의 제2 전극 또는 진동 막의 기계적 특성들의 평균과 커패시터의 정전 용량을 포함하는 인자들에 의해 결정된다(후술하는 실시 형태 2를 참조). 초음파 검출 장치에 있어서, 커패시터들은 2차원적으로 배열되고, 제2 전극들 또는 진동 막들의 진동 정보가 2차원적으로 검출될 수 있다(후술하는 실시 형태 3을 참조).

[0013] 본 발명의 원리를 설명한다. 용량형 전기기계 변환기에 있어서, 설계상, 중심 주파수 대역을 1MHz 정도로 설정하는 것은 용이하지 않다. 이것은, 중심 주파수 대역을 1MHz 정도로 설정하기 위해서는, 멤브레인(membrane)인 제2 전극 또는 진동 막의 경도를 부드럽게 할(스프링 상수를 감소시킬) 필요가 있고, 부드럽게 된 멤브레인에 의해 감도가 저하하는 악영향이 있게 되어, 그 결과, 설계의 자유도가 제한되기 때문이다. 즉, 멤브레인의 휨(deflection)이 커짐으로써, 고감도화를 위한 좁은 공극 구조를 만드는 것이 곤란해진다. 또한, 전극들에의 인가 전압도 감소될 필요가 있으므로, 감도가 저하된다. 이러한 상황 하에서, 본 발명은, 용량형 전기기계 변환기가 약 1MHz로부터 고주파수측에 중심 주파수를 갖도록 설계된 상태에서, 후단의 전기 회로의 컷오프 주파수를 조정하여, 토달해서 중심 주파수 대역이 약 1MHz로 되는 시스템을 제공한다. 그러한 목표로 하는 비교적 낮은 주파수 대역에서는, 증폭 계인을 어느 정도 높게 유지하면서 전기 회로의 컷오프 주파수를 조정하는 것이, 다른 특성에 거의 악영향을 미치지 않고 비교적 용이하다. 반면, 전기 회로의 증폭 계인을 높게 유지하면서 컷오프 주파수를 증가시키는 것은, 피드백 저항의 감소 또는 피드백 용량의 감소와 다르다. 이것은, S/N 비율의 악화, 또는 전체 감도의 저하를 유발한다. 또는, 회로의 성능상 한계가 있다.

[0014] 상기의 구성을 도 1a, 도 1b, 및 도 1c를 참조하여 더 설명한다. 정전 용량의 변화에 대하여 평행 평판 근사(parallel plane approximation)를 행하면, 입력 음압(입력 탄성파의 압력)에 대한 용량형 전기기계 변환기의 출력 전류 I의 주파수 특성(1)(도 1a를 참조)은 다음의 수학적 식 1로 공식화된다.

수학적 식 1

$$I=P/[(Z_m+Z_r)/(\epsilon A \cdot V_b/d^2+j\omega C)]$$

[0015]

[0016] 여기에서, ϵ 은 진공의 유전율이고, A는 전기기계 변환기의 전극(후술하는 상부 전극(7)을 참조)의 면적이고, V_b 는 전극들 사이에 인가되는 바이어스 전압이고, d는 전극들 사이의 진공 등가 거리이고, P는 입력 음압이고, Z_m 은 진동 막(후술하는 진동 막(8)을 참조)의 기계 임피던스이고, Z_r 은 전기기계 변환기의 주위의 매체의 음향 임피던스이고, ω 는 입력 음압의 각주파수(angular frequency)이고, C는 전체 정전 용량이다. 이 식에서, 전체 정전 용량은 상대적으로 작기 때문에, 주파수의 함수가 되는 것은 진동 막의 기계 임피던스 Z_m 이라고 말할 수 있다.

[0017] Z_m 은 다음의 수학적 식 2로 표현된다.

수학적 식 2

$$Z_m=j \cdot k m \cdot \{ (\omega / \omega_0^2) - 1 / \omega \}$$

[0018]

[0019] km은 진동 막의 스프링 상수이며, 공진 각주파수 ω_0 (이것은 제1 컷오프 주파수(2)에 가까움. 도 1a를 참조)보다 주파수가 낮은 도메인에 있어서, 진동 막은 압력 P에 비례해서 변위한다. Z_m 은 저주파수 도메인으로부터 공진 주파수까지의 범위에서 주파수에 반비례해서 0에 가까이 간다. 이 사실로부터, 진동 막의 공진 주파수보다 작은 주파수 도메인에 있어서, 출력 전류 주파수 특성(1)은 주파수에 대해서 1차 특성(primary characteristic)으로 된다. 또한, 도 1a 내지 도 1c의 주파수 특성의 곡선들은 원리를 설명하기 위해 간략화되어 보기 쉽게 되어 있다. 실제로는, 예를 들면, 숄더(shoulder) 부분의 근방에서 좀더 형태가 무너져서 완만하게 변화되어, 컷오프 주파수는 그래프들에 도시된 바와 같이 항상 숄더 부분의 코너에 위치되는 것은 아니다. 도 1a의 횡축은 대수적으로(logarithmically) 표현된 주파수를 나타내고, 상기의 1차 특성은, 대수적으로 표현된 주파수에

대해서 1차적인 특성인 것을 의미한다. 마찬가지로, 상기의 반비례도, 대수적으로 표현된 주파수에 대해서 반비례한 것을 의미한다.

[0020] 또한, 상기의 수학적 식 1로부터 이해되는 바와 같이, 출력 전류 주파수 특성(1)은 진동 막의 기계 임피던스 Z_m 뿐만 아니라, 사용 환경의 일정한 음향 임피던스 Z_r 에도 의존한다. 용량형 전기기계 변환기는, 일반적으로, 액체에 담겨서 사용되는 경우가 많다. 액체의 음향 임피던스는 진동 막의 기계 임피던스보다 크다. 이 경우, 주파수 특성(1)에 있어서 액체의 음향 임피던스가 지배적으로 된다. 전술한 바와 같이, 진동 막의 기계 임피던스 Z_m 이 0이 되는 주파수가 진동 막의 공진 주파수이다. 이 경우, 출력 전류 주파수 특성(1)은 최대값으로 된다. 진동 막의 기계 임피던스는, 본래, 진동 막의 반 공진 주파수에서 무한대가 된다. 그러나, 용량형 전기기계 변환기가 공진 주파수보다 낮은 도메인 근방에서 사용될 때, 반공진 주파수는 무관하기 때문에, 도 1a의 출력 전류 주파수 특성(1)에서는 반공진 주파수 근방의 도메인이 생략된다. 전술한 점들을 종합적으로 고려해서, 상기의 수학적 식 1에 의해 나타낸 출력 전류 주파수 특성(1)이 도 1a에 도시된다.

[0021] 한편, 전류-전압 변환 및 증폭 회로의 주파수 특성(3)(도 1b를 참조)은 다음의 수학적 식 3으로 공식화되고, 제2 컷오프 주파수(4)는 다음의 수학적 식 4로 표현된다.

수학적 식 3

[0022]
$$G = R_f / (1 + j\omega R_f C_f)$$

수학적 식 4

[0023]
$$f = 1 / (2\pi R_f C_f)$$

[0024] G 는 전기 회로의 게인이고, R_f 는 피드백 저항이고, C_f 는 피드백 용량이고, f 와 ω 는 입력 전류의 주파수와 각주파수이다. 본 발명의 구성에서 이용되는 전기 회로는, 수학적 식 3으로 표현된 바와 같이, 주파수에 대하여 1차 특성(상기의 주파수 특성(1)과 마찬가지로, 대수적으로 표현된 주파수에 대한 특성임)을 갖는 전기 회로로 구성되는 것이 바람직하고, 고차 특성을 갖는 회로로 구성되는 것은 바람직하지 않다.

[0025] 본 발명에서는, 용량형 전기기계 변환기의 출력 전류의 주파수 특성(1)과 전기 회로의 출력의 주파수 특성(3)을 함께 조합하여, 종래의 초음파 프로브보다 저주파수 대역을 대역으로서 갖는 초음파 검출 장치를 실현한다. 이 조합에 있어서, 목표로 하는 특성(5)(도 1c를 참조)을 갖는 초음파 검출 장치를 실현하기 위해서, 용량형 전기기계 변환기의 출력 전류의 주파수 특성(1)의 제1 컷오프 주파수(2)보다 전기 회로의 출력의 주파수 특성(3)의 제2 컷오프 주파수(4)를 작게 한다. 그 이유는 전술한 바와 같다.

[0026] 이렇게 해서, 용량형 전기기계 변환기의 출력 전류 주파수 특성(1)과 전류-전압 변환 및 증폭 회로의 주파수 특성(3)이 조합되어, 초음파 검출 장치의 출력 주파수 특성(5)을 제공한다. 도 1c에 도시된 바와 같이, 유효 주파수 대역은 저역측 컷오프 주파수(101)와 고역측 컷오프 주파수(102) 사이에 있다. 이 경우, 저역측 컷오프 주파수(101) 및 고역측의 컷오프 주파수(102)는, 각각, 제2 컷오프 주파수(4) 및 제1 컷오프 주파수(2)와 항상 일치하는 것은 아니다. 이것은, 제1 컷오프 주파수(2)와 제2 컷오프 주파수(4)가 서로 가까운 경우에, 초음파 검출 장치의 출력 주파수 특성(5)이, 저역측 컷오프 주파수(101)와 고역측 컷오프 주파수(102) 사이에 있어서 거의 평탄한 분포로 되기 어렵기 때문이다. 주파수 특성(1)과 주파수 특성(3)은, 저역측 컷오프 주파수(101)와 고역측 컷오프 주파수(102) 사이에서 소정의 크기를 유지하면서 거의 평탄한 분포를 제공하도록 설계될 수 있다. 이를 달성하기 위해, 예를 들면, 주파수 특성(1)의 경사부의 기울기와 주파수 특성(3)의 경사부의 기울기는, 부호가 서로 반대이고 절대값이 가능한 한 서로 동일한 것이 바람직하다. 또한, 주파수 특성(3)의 게인을 증가시키는 것이 바람직하다.

[0027] 상기의 관점으로부터, 광대역 및 고감도를 갖는 초음파 검출 장치에 있어서, 예를 들면, 컷오프 주파수(2)와 컷오프 주파수(4)의 기하 평균인 주파수가 0.4MHz 내지 1.0MHz의 범위에 있고, 도 1c에 도시된 바와 같은 주파수 특성(5)을 갖는 것이 바람직하다. 주파수 특성(5)의 평탄한 주파수 대역을 그 중심값으로 나누어 얻은 값이 130%일 경우, 컷오프 주파수(2)와 컷오프 주파수(4)의 기하 평균을 0.4MHz로 설정하면, 0.2MHz의 초음파가 검출될 수 있다. 마찬가지로, 컷오프 주파수(2)와 컷오프 주파수(4)의 기하 평균을 1.0MHz로 설정하면, 2.0MHz의

초음파를 검출할 수 있다.

[0028] 종래, 통상적인 반도체나 미세가공 관련 재료를 사용할 경우, 생체 등으로부터의 초음파가 투과하기 쉬운 액체 중에 있어서, 용량형 전기기계 변환기의 주파수 특성은 약 3MHz 이상에서 포화되어 안정화된다. 그러나, 전술한 바와 같이, 1MHz 근방에 중심 주파수를 갖고 고감도인 CMUT를 얻는 것은 곤란하다. 상기의 원리를 이용하는 본 발명에 따르면, 이러한 곤란도 제거할 수 있다. 비교를 위해, 종래의 용량형 전기기계 변환기의 주파수 특성, 종래의 전기 회로의 주파수 특성, 및 종래의 초음파 검출 장치의 주파수 특성을 도 6a, 도 6b, 및 도 6c에 도시한다. 도 6a의 주파수 특성은 도 1a의 주파수 특성과 실질적으로 다르지 않다. 그러나, 도 6b의 주파수 특성은, 도 1b의 주파수 특성과 비교해서, 컷오프 주파수(4)가 고주파수측에 있고, 전체적으로 계인이 낮다. 그 결과, 도 6c의 주파수 특성은, 저역측 컷오프 주파수(101)와 고역측 컷오프 주파수(102)가 고주파수측의 범위에 있고, 예를 들면, 3MHz 내지 10MHz의 범위에 있다.

[0029] 하기에서, 상기의 원리에 기초해서 구현한 용량형 전기기계 변환기와 전류-전압 변환 및 증폭 회로의 구성들을 갖는 실시 형태들을 도면을 참조하여 설명한다.

[0030] (실시 형태 1)

[0031] 실시 형태 1에 따른 초음파 검출 장치를 설명한다. 본 실시 형태에 따른 용량형 전기기계 변환기(6)(이하, "셀"이라고도 불림)와 전기 회로(14)의 구성들은 도 2에 도시된다. 1개의 셀로서 나타난 용량형 전기기계 변환기(6)는, 상부 전극(7), 진동 막(8), 캐비티(cavity)(9), 절연층(10), 진동 막(8)을 지지하는 지지부들(11), 하부 전극(12), 및 이 부재들을 지지하는 기판(13)을 포함한다. 전기 회로(14)는, 상부 전극(7) 및 하부 전극(12)과 접속된 저항 R1, 및 피드백 저항 Rf와 피드백 용량 Cf를 갖는 연산 증폭기를 포함한다. 변환기(6)와 전기 회로(14)는 전술한 주파수 특성을 갖도록 구성된다.

[0032] 도 2는 그 구성들의 일 예이다. 진동 막(8)이 절연체로 형성되면, 절연층(10)은 제공되어도 되고 제공되지 않아도 된다. 이 경우, 진동 막(8)과 지지부들(11)은 동일한 재료로 형성될 수 있다. 절연층(10)과 지지부들(11)은 동일한 재료로 형성될 수 있다. 구성상, 상부 전극(7)과 진동 막(8)은 서로 접합되어, 일체적으로 진동한다. 감도 향상의 관점으로부터, 캐비티(9)는 대기압보다 낮은 압력으로 유지되는 것이 바람직하다. 기판(13)이 실리콘으로 구성된 반도체 기판 등의 도전성 기판으로 형성될 경우, 기판(13)과 하부 전극(12)은 함께 일체화될 수 있다. 출력 전류 주파수 특성(1)은, 진동 막(8)의 기계 임피던스와 사용 환경의 음향 임피던스에 의존한다. 용량형 전기기계 변환기는, 통상적으로, 액체(18)에 담겨서 사용되는 경우가 많다. 액체(18)의 음향 임피던스는 진동 막(8)의 기계 임피던스보다 크다. 액체는, 구체적으로, 물, 초음파 진단용 그리스(grease), 또는 아주까리 오일(ricinus oil) 등의 오일이다.

[0033] 일반적으로, 상부 전극(7)과 하부 전극(12)은 금속으로 형성되는 것이 바람직하지만, 저저항의 반도체 등으로 형성될 수도 있다. 예를 들면, 제2 전극인 상부 전극(7)은, Al, Cr, Ti, Au, Pt, Cu, Ag, W, Mo, Ta, 및 Ni 등으로부터 선택되는 전기 도전체, Si 등의 반도체, AlSi, AlCu, AlTi, MoW, AlCr, TiN, 및 AlSiCu 등으로부터 선택되는 합금 중의 적어도 1개의 재료로 형성될 수 있다. 또한, 상부 전극(7)은 진동 막(8)의 상면, 이면, 및 내부 중의 적어도 한군데에 설치된다. 대안적으로, 진동 막(8)을 전기 도전체 또는 반도체로 형성하는 경우에는, 진동 막(8)이 상부 전극(7)으로서도 기능하도록 구성될 수 있다. 제1 전극인 하부 전극(12)도, 상부 전극(7)과 마찬가지로 도전체 또는 반도체로 형성될 수 있다. 하부 전극(12)과 상부 전극(7)의 전극 재료들은 서로 상이할 수 있다.

[0034] 본 실시 형태에 있어서의 각 부분들의 치수들을 예시하면 다음과 같다. 예를 들면, 캐비티(9)의 높이는 100nm 정도이지만, 10nm로부터 500nm까지의 범위일 수 있다. 캐비티(9)의 한쪽의 길이는, 예를 들면, 10 μ m로부터 200 μ m까지의 범위이다. 진동 막(8)은, 예를 들면, SiN으로 형성되지만, 그 밖의 절연 재료로 형성될 수도 있다. 캐비티(9)는 대기압에 대하여 감압 상태로 유지되어, 진동 막(8)은 다소 오목하게 된다. 진동 막 및 전극들은, 예를 들면, 사각형이지만, 원형 또는 다각형일 수도 있다. 셀의 캐비티(9)의 형상도, 예를 들면, 사각형이지만, 그 밖의 형상일 수도 있다.

[0035] 수신 동작 동안에는, 초음파 검출 장치의 셀(6)의 상부 전극(7)과 하부 전극(12) 사이에 전위차를 발생시키기 위해서 전압원(15)에 의해 DC 전압 V가 인가된다. 초음파를 수신할 때, 진동 막(8)이 진동하고, 진동에 의해 유발되는 용량 변화의 양만큼 전류가 흐르게 된다. 그 전류는 전류-전압 변환 및 증폭 회로(14)에 의해 증폭된다.

[0036] (실시 형태 2)

- [0037] 실시 형태 2에 따른 초음파 검출 장치를 설명한다. 본 실시 형태의 구성은 도 3a 및 도 3b에 도시된다. 도 3a는 초음파 검출 장치의 개념적 단면도를 도시하고, 도 3b는 엘리먼트(20)의 평면도를 도시한다. 도 3a 및 도 3b에 있어서 파선으로 나타낸 부분들은 셀(6)의 투시부를 제외하고는, 구조의 묘화가 생략된 것을 나타낸다. 본 실시 형태에서는, 복수의 셀(6)이 기관(13) 위에 배열된다. 각 셀(6) 및 전기 회로(14)의 구조들은 실시 형태 1에서 설명한 바와 마찬가지로이다. 복수의 셀(6)의 상부 전극들(7)과 하부 전극들(12)은, 각각, 전극 결합 배선부들(16, 17)에 의해 전기적으로 접속되어, 복수의 셀(6)은 서로 도통하게 된다. 도 3b에 도시된 바와 같이, 셀들(6)은 2차원적으로 등간격으로 배열되어 1개의 엘리먼트(20)를 형성한다. 이 장치는, 엘리먼트(20)의 상부 전극들(7)이, 예를 들면, 초음파의 전파에 양호한 액체(18)에 접촉하게 된 상태에서 사용된다. 검출 감도 및 신호 처리의 용이성 등의 관점으로부터, 복수의 셀(6)에 있어서, 진동 막들(8)의 기계적 특성들과 캐비티들(9)의 깊이들은 균일한 것이 바람직하다. 엘리먼트(20) 내에 있어서 셀들(6)의 배열은, 도시된 예에서는 정방 격자 형상으로 되어 있지만, 지그재그 형상 또는 육방 최조밀 형상 등일 수도 있다. 엘리먼트(20) 내의 셀들(6)의 배열 형태 및 수는, 경우에 따라서 적절히 결정될 수 있다. 도시된 예에서, 진동 막들(8)의 형상은 원형이지만, 다각형 등일 수도 있다. 이와 같이, 본 실시 형태에서는, 하부 전극(12)(제1 전극)과 상부 전극(7)(제2 전극)으로 각각 구성되는 커패시터들이, 복수의 공극(9)과 복수의 제2 전극 또는 진동 막(8)을 포함한다. 엘리먼트(20)의 출력 전류의 주파수 특성은, 복수의 제2 전극 또는 진동 막(8)의 기계적 특성들의 평균과 커패시터의 정전 용량을 포함하는 인자들에 따라 결정된다.
- [0038] 본 실시 형태에서는, 복수의 상부 전극(7)이 서로 도통하게 되는 도메인이 초음파 검출 도메인을 형성하고, 1개의 셀을 포함하는 실시 형태 1에 비해 감도가 증가한다. 본 실시 형태에서는, 복수의 셀을 포함하는 엘리먼트(20)가 1개의 용량형 전기기계 변환기를 구성한다고도 말할 수 있다. 이 경우, 용량형 전기기계 변환기의 주파수 특성(1)(도 1a를 참조)은, 전술한 바와 같이, 복수의 진동 막(8)의 기계적 특성들의 평균값에 따라 결정된다. 또한, 엘리먼트(20)의 전류 출력의 크기는 복수의 진동 막(8) 상의 상부 전극들(7)의 총 면적에 실질적으로 비례한다. 그 밖의 구성은 실시 형태 1과 마찬가지로이다.
- [0039] (실시 형태 3)
- [0040] 실시 형태 3에 따른 초음파 검출 장치를 설명한다. 본 실시 형태의 구성은 도 4a 및 도 4b에 도시된다. 상면도인 도 4a는 초음파 검출 장치(32)의 전체 구성을 도시하는 개념적인 단면도이고, 또한, 배선들(31)과 전류-전압 변환 및 증폭 회로들(14)을 포함하는 전기적 결합을 도시한다. 도 4b는 초음파 검출 장치(32)의 평면도이다. 도 4b에 있어서, 배선들(31)과 전류-전압 변환 및 증폭 회로들(14)은 아래에 숨겨져 있다. 그러나, 이 부재들은 옆에 배치될 수도 있다. 마찬가지로, 도 4a 및 도 4b에 있어서, 파선으로 나타낸 부분은 구조의 묘화가 생략된 것을 나타낸다. 본 실시 형태에 따른 초음파 검출 장치(30)는, 실시 형태 2의 엘리먼트들(20)이 2차원적으로 배열되어 구성된다. 배선부들(16)에 의해 접속된 상부 전극들(7)과, 배선부들(17)에 의해 접속된 하부 전극들(12) 중 어느 것이든 각 엘리먼트(20)마다에서 전기적으로 분리된다. 본 실시 형태에서도, 마찬가지로, 상부 전극들(16)은 초음파의 전파에 양호한 액체(18)에 접촉하게 된다. 엘리먼트(20)마다의 출력은 각 배선(31)에 의해 전류-전압 변환 및 증폭 회로(14)에 전송되어 전압 변환이 행해진다. 그 결과, 초음파 신호를 2차원적인 분포로서 검출할 수 있다. 본 예에서도, 마찬가지로, 각 엘리먼트(20)의 주파수 특성(1)은 복수의 진동 막(8)의 기계적 특성들의 평균값 등에 따라 결정된다. 또한, 각 엘리먼트(20)의 전류 출력의 크기는 복수의 상부 전극(7)의 총 면적에 실질적으로 비례한다. 본 실시 형태에 따른 초음파 검출 장치에 있어서, 커패시터들은 2차원적으로 배열되어, 제2 전극들 또는 진동 막들(8)의 진동 정보가 2차원적으로 검출될 수 있다. 그 밖의 구성은 실시 형태 1과 마찬가지로이다.
- [0041] 부수적으로, 상기의 실시 형태의 구성은, 음파를 발생시키는 장치로서 이용될 수도 있다. 상부 전극들(7)(또는 상부 전극 결합 배선부들(16))과 하부 전극들(12)(또는 하부 전극 결합 배선부들(17)) 사이에, 전압원(15)에 의해, DC 전압에 미소한 AC 전압을 중첩하여 얻은 전압을 인가함으로써, 진동 막들(8)을 강제 진동시켜서 음파를 발생시킨다. 이 경우, 주파수 특성은 주로 용량형 전기기계 변환기의 출력 전류 주파수 특성(1)과 같은 송신 특성을 갖는다. 이 음파 발생 장치는, 전술한 실시 형태 2 또는 실시 형태 3과 같이, 2차원적으로 진동 막(8)을 배열함으로써, 보다 큰 음파를 발생시킨다. 또한, 발생 면적을 증가시키면, 음파의 지향성을 증가시킬 수 있고, 회절을 감소시킬 수 있다.
- [0042] (실시 형태 4)
- [0043] 실시 형태 4에 따른 초음파 진단 장치를 설명한다. 본 실시 형태의 구성은 도 5에 도시된다. 광원(40)으로부터 방출된 광(41)은 전파되어 생체 조직(42)에 인가되어, 소위 "광음향파(photoacoustic wave)"라고 불리는 초

음파(43)를 발생시킨다. 즉, 생체 조직 내부에 존재하는 광 흡수 계수가 큰 부분에 의해 광이 흡수되어, 그 부분이 가열된다. 그리고, 가열된 부분이 팽창되고, 팽창에 의해 탄성파가 발생된다. 이 초음파(43)의 주파수는 생체 조직을 구성하는 물질이나 개체에 따라 상이하지만, 전술한 바와 같이, 예를 들면, 200kHz 내지 2MHz 정도이다. 초음파(광음향파)(43)는, 초음파의 전파에 양호한 액체(18)를 통해 전달되어, 초음파 검출 장치(32)에 의해 검출된다. 전류-전압 변환되고 증폭된 신호는 신호 버스(44)를 통해 신호 처리 시스템(45)에 전송된다. 검출 결과의 신호는 신호 처리 시스템(45)에 의해 처리되어, 생체 정보를 추출한다. 초음파 검출 장치(32)가 전술한 실시 형태 3과 같이 구성되면, 2차원적인 초음파 분포를 검출할 수 있어서, 초음파 검출 장치(32)를 주사함으로써 광범위한 분포를 캡처할 수 있다. 초음파는 음속을 갖기 때문에, 도달 파들(시간 파형)의 시간차를 해석해서 시간 정보를 얻을 수 있어서, 깊이 방향의 정보도 취득할 수 있다. 이 경우, 신호 처리 시스템(45)에 재구성 기능을 제공하여, 3차원의 생체 정보를 추출할 수 있다. 또한, 수신된 신호를 푸리에(Fourier) 변환해서 주파수 특성을 얻음으로써 화상 등을 취득할 수도 있다.

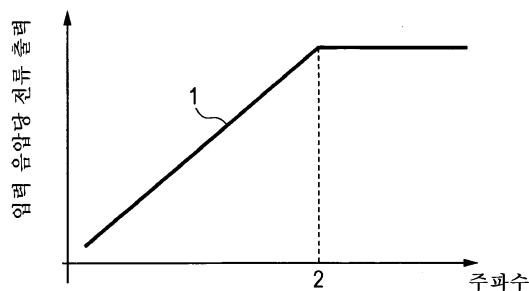
[0044] 전술한 바와 같이, 광음향 효과를 이용해서 시료(검사 대상)의 단층 화상 또는 3차원 화상을 취득하는 기술은, 광음향 토모그래피(photoacoustic tomography)로서 일반적으로 알려져 있고, 그 두문자를 따서 "PAT 기술"이라고 불린다.

[0045] 본 발명은 예시적인 실시 형태들을 참조하여 설명되었지만, 본 발명은 개시된 예시적인 실시 형태들로 한정되지 않는다는 것을 이해할 것이다. 하기의 청구항들의 범위는 그러한 변경 및 등가의 구조와 기능을 모두 포괄하도록 최광의의 해석에 따라야 한다.

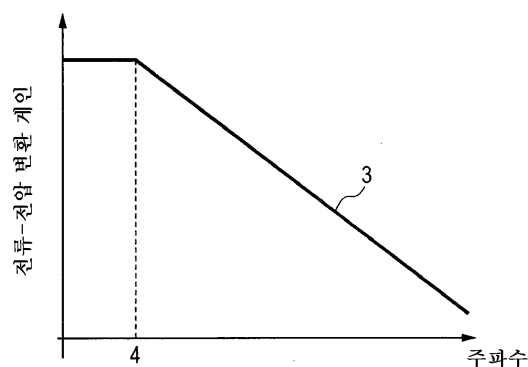
[0046] 본 출원은 2009년 11월 6일자로 출원된 일본 특허 출원 제2009-254752호의 우선권을 주장하며, 그 전체 내용이 본 명세서에 참조로 원용된다.

도면

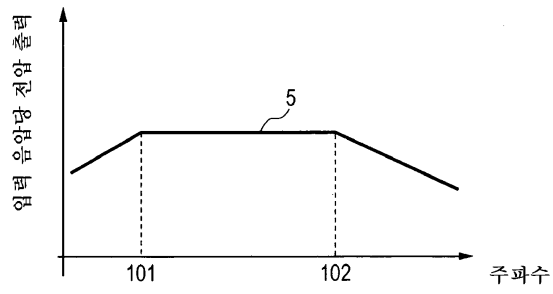
도면1a



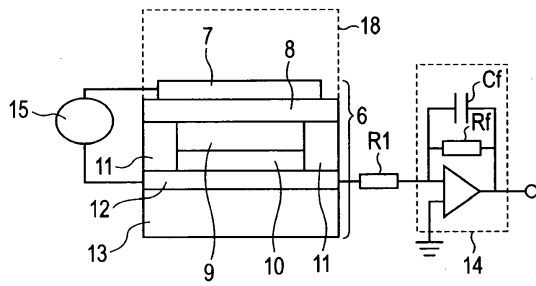
도면1b



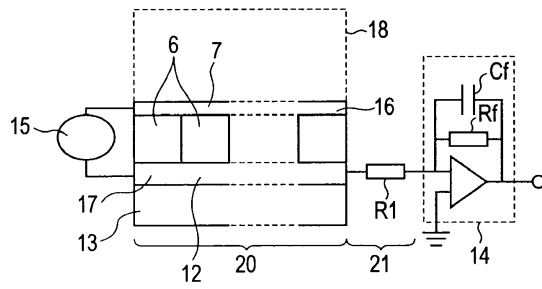
도면1c



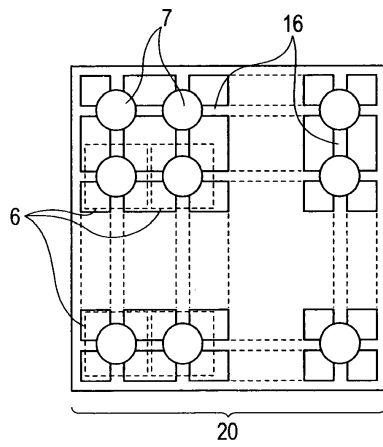
도면2



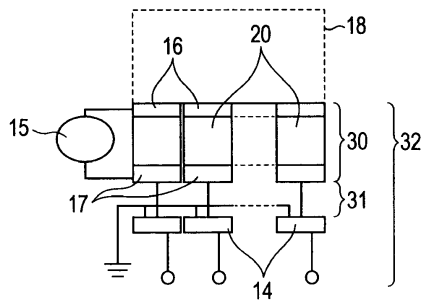
도면3a



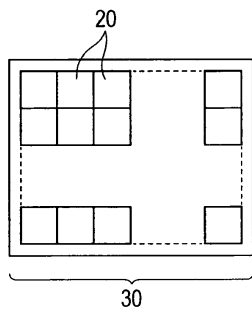
도면3b



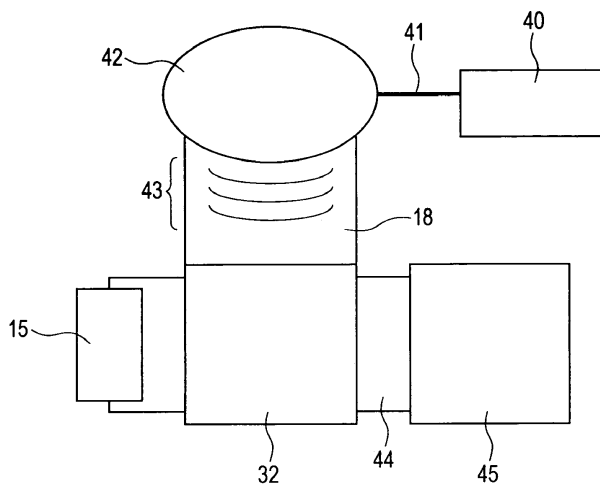
도면4a



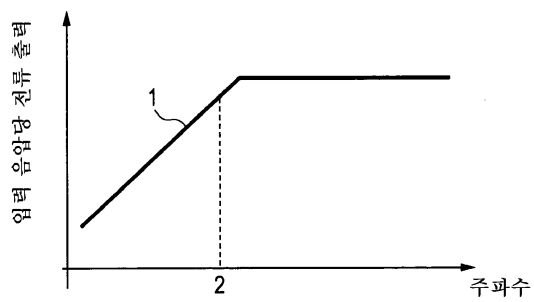
도면4b



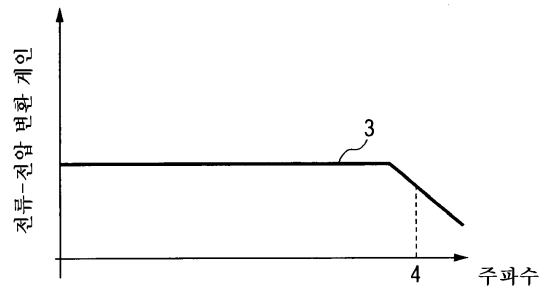
도면5



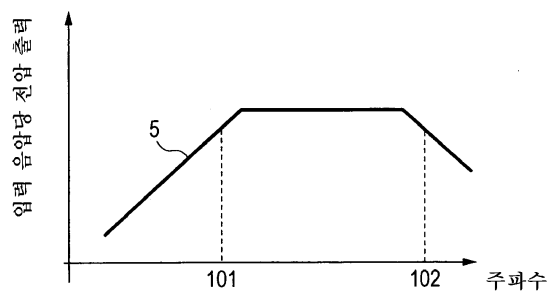
도면6a



도면6b



도면6c



专利名称(译)	超声检测装置和超声检测装置		
公开(公告)号	KR1020120083922A	公开(公告)日	2012-07-26
申请号	KR1020127013801	申请日	2010-10-28
[标]申请(专利权)人(译)	佳能株式会社		
申请(专利权)人(译)	佳能sikki有限公司		
[标]发明人	AKIYAMA TAKAHIRO 아끼야마다카히로 TAKAGI MAKOTO 다카기마코토 FUJII KAZUNARI 후지이가즈나리 MIZUTANI HIDEMASA 미즈타니히데마사		
发明人	아끼야마다카히로 다카기마코토 후지이가즈나리 미즈타니히데마사		
IPC分类号	A61B8/00 B06B1/02 G01N29/24		
CPC分类号	B06B1/0292 G01N29/2406 G01N29/2418 G01N2291/101		
代理人(译)	Jangsugil Bakchungbeom		
优先权	2009254752 2009-11-06 JP		
其他公开文献	KR101328776B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

一种电容型机电变换器，包括：电池，包括第一电极和第二电极，所述第一电极和第二电极布置成彼此面对，其间具有间隙；电压源，用于在第一电极和第二电极之间产生电位差；以及用于将由第一电极和第二电极之间的电容变化引起的电流转换为电压的电路，其中电容式机电变换器具有相对于频率具有第一截止频率的高通特性并且电路提供具有低通特性的输出，其具有相对于频率的第二截止频率，并且第二截止频率小于第一截止频率。公开的专利申请号10-2012-0083922

