



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년01월15일
(11) 등록번호 10-2754240
(24) 등록일자 2025년01월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 8/00 (2006.01) A61B 5/12 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 8/4494 (2025.01)
A61B 5/12 (2021.01)
(21) 출원번호 10-2022-0086633
(22) 출원일자 2022년07월14일
심사청구일자 2022년07월14일
(65) 공개번호 10-2024-0010587
(43) 공개일자 2024년01월24일
(56) 선행기술조사문헌

(73) 특허권자
동국대학교 산학협력단
서울특별시 중구 필동로1길 30, 동국대학교 내(필동3가)
(72) 발명자
정중섭
서울특별시 동대문구 망우로20길 86, 106동 1202호(회경동, 브라운스톤회경)
(74) 대리인
특허법인태백

Vortex-ultrasound for microbubble-mediated thrombolysis of retracted clots. Appl Phys Lett. 2023 Aug 14;123(7):073701

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 22 항

심사관 : 곽중환

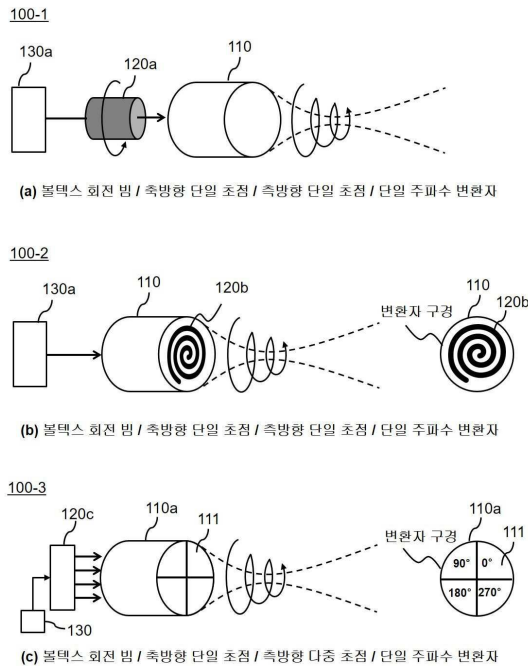
(54) 발명의 명칭 **청각기능 개선을 위한 에어커플드 볼텍스 초음파 프로브 모듈 및 이를 이용한 초음파 영상화 시스템**

(57) 요약

본 발명은 청각기능 개선을 위한 에어커플드 볼텍스 초음파 프로브 모듈 및 이를 이용한 초음파 영상화 시스템에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 귀 내부로 초음파를 송수신하기 위한 초음파 변환자를 포함한 에어커플드 초음파 프로브 모듈에 있어서, 상기 초음파 변환자는, 입력 신호에 의해 초음파 빔을 발생시키는 압전소자, 및 상기

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



압전소자와 연결되거나 상기 압전소자의 전방에 배치되어, 상기 압전소자로부터 발생하는 초음파 빔을 와류 형태의 볼텍스 빔으로 생성하기 위한 빔 제어수단을 포함하며, 상기 압전소자는, 상기 빔 제어수단에 의해 볼텍스 회전하는 초음파 빔을 귀 내부의 내이 조직으로 제공하는 초음파 프로브 모듈을 제공한다.

본 발명에 따르면, 귀 내부로 송수신되는 초음파 빔을 소용돌이 형태로 볼텍스 회전시키며, 이때 발생하는 회전 운동 에너지, 즉 각운동량과 집속 에너지와의 시너지 효과를 발생시켜서, 기존의 고정 빔 기반의 초음파 변환자 대비 송수신 에너지 및 집속력, 그리고 투과력을 크게 증가시키고, 이를 통하여 귀내부를 효율적으로 영상화하거나 치료할 수 있도록 한다.

(52) CPC특허분류

- A61B 8/12 (2025.01)
- A61B 8/4444 (2013.01)
- A61B 8/54 (2013.01)
- A61N 7/00 (2013.01)
- A61N 2007/0026 (2013.01)
- A61N 2007/006 (2013.01)
- A61N 2007/0078 (2013.01)
- A61N 2007/0091 (2013.01)
- A61N 2007/0095 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

- Three dimensional acoustic tweezers with vortex streaming. Commun Phys 4, 113 (2021)*
- Focused acoustic vortex generated by a circular array of planar sector transducers using an acoustic lens, and its application in object manipulation. J. Appl. Phys. 28 August 2020
- KR1020220019193 A*
- JP2000197631 A
- US20040217675 A1
- US20220330919 A1
- WO2022018318 A1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711174425
과제번호	00141273
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	범부처전주기의료기기연구개발사업단
연구사업명	범부처전주기의료기기연구개발사업(R&D)
연구과제명	비침습기반 청각기능 개선을 위한 고성능 에어커플드 초음파 프로브 모듈 개발
기여율	1/1
과제수행기관명	동국대학교산학협력단
연구기간	2022.04.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

귀 내부로 초음파를 송수신하기 위한 초음파 변환자를 포함한 에어커플드 초음파 프로브 모듈에 있어서,
상기 초음파 변환자는,

입력 신호에 의해 초음파 빔을 발생시키며 복수의 분할 소자로 이루어지는 압전 소자; 및

상기 압전소자와 연결되거나 상기 압전소자의 전방에 배치되며, 신호 발생기에서 발생한 입력 신호의 위상을 조절하여 상기 복수의 분할 소자에 서로 상이한 위상의 입력 신호를 인가하여, 상기 압전소자로부터 발생하는 초음파 빔을 와류 형태의 볼텍스 빔으로 생성하기 위한 위상 조절기에 해당하는 빔 제어수단을 포함하며,

상기 압전소자는,

상기 빔 제어수단에 의해 볼텍스 회전하는 초음파 빔을 귀 내부의 내이 조직으로 제공하는 초음파 프로브 모듈.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 복수의 분할 소자 각각은, 동일하거나 서로 다른 종류의 압전소자들로 이루어질 수 있으며,

단일 소자형 또는 배열 소자형으로 구현되는 초음파 프로브 모듈.

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 빔 제어수단은,

N개의 각각의 분할 소자에 설정 각도(360도/N) 간격으로 규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호를 인가하거나 불규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호를 인가하는 초음파 프로브 모듈.

청구항 8

청구항 5에 있어서,

상기 빔 제어수단에 의해 각각의 분할 소자 중 제1 그룹의 소자 및 제2 그룹의 소자에 서로 180도 위상차를 갖는 입력 신호가 인가되면,

상기 압전소자는,

고정 빔 상태의 초음파 빔을 제공하되 측방향으로 분할된 다중 초점을 갖는 초음파 빔을 생성하는 초음파 프로

브 모듈.

청구항 9

청구항 5에 있어서,

상기 압전소자의 후면에 장착되어 상기 압전소자를 직접 회전시키는 모터;

상기 압전소자의 전면에 배치되어 상기 압전소자에서 출력되는 초음파 빔을 볼텍스 회전시키는 나선형 렌즈 또는 음향 메타 렌즈; 및

상기 나선형 렌즈 또는 음향 메타 렌즈의 전방에 배치되며, 렌즈를 통과한 초음파 빔이 내부를 관통 출력하고 내주면을 따라 나선형의 강선이 형성된 강선형 하우징을 더 포함하는 초음파 프로브 모듈.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 강선형 하우징은,

길이 방향으로 내경이 일정한 직진형, 전방으로 갈수록 내경이 좁아지는 집속형, 전방으로 갈수록 내경이 넓어지는 방사형 중 어느 하나의 형태로 구현되는 초음파 프로브 모듈.

청구항 11

청구항 5 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서,

상기 압전소자는,

서로 반대의 분극 방향을 가진 역전층 소자와 비역전층 소자가 초음파 신호의 진행 방향에 따라 전후 접합된 분극 역전 구조를 가지며,

분극 역전 구조에 따라 상기 압전소자로부터 다중 주파수 신호를 동시에 발생시키는 초음파 프로브 모듈.

청구항 12

귀 내부로 초음파를 송수신하기 위한 초음파 변환자를 포함한 에어커플드 초음파 프로브 모듈에 있어서,

상기 초음파 변환자는,

입력 신호에 의해 초음파 빔을 발생시키며, 오목한 곡면형 구조로 형성되어 전방의 제1 초점 위치에 초음파를 집속시키는 제1 소자, 그리고 상기 제1 소자를 중심으로 주변부에 결합되며 상기 제1 소자보다 낮은 곡률의 오목한 곡면형 구조로 형성되며 상기 제1 초점 위치보다 먼 제2 초점 위치에 초음파를 집속시켜서 초점 심도를 확장시키는 적어도 하나의 제2 소자를 포함하며, 상기 제1 소자의 중심을 기준으로 구경이 N개의 면으로 분할된 압전소자; 및

상기 압전소자와 연결되거나 상기 압전소자의 전방에 배치되며, 신호 발생기에서 발생한 입력 신호의 위상을 조절하여 상기 압전소자의 각 분할 면에 서로 상이한 위상의 입력 신호를 인가하여, 상기 압전소자로부터 발생하는 초음파 빔을 와류 형태의 볼텍스 빔으로 생성하기 위한 빔 제어수단을 포함하며,

상기 제1 소자와 제2 소자는 서로 다른 제1 공진 주파수와 제2 공진 주파수에서 동작하도록 설계되고,

상기 압전소자는,

상기 빔 제어수단에 의해 볼텍스 회전하는 초음파 빔을 귀 내부의 내이 조직으로 제공하는 초음파 프로브 모듈.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 제1 소자 및 제2 소자는,

서로 다른 중심 주파수가 혼합된 형태의 다중 중심 주파수를 갖는 입력 신호가 동시에 입력되고, 입력된 신호에서 자신의 공진 주파수에 해당하는 초음파 신호를 선별하여 송수신하는 초음파 프로브 모듈.

청구항 14

청구항 12에 있어서,

상기 빔 제어수단은,

상기 압전소자의 후면에 장착되어 상기 압전소자를 직접 회전시키는 모터, 상기 압전 소자의 전면에 배치되어 상기 압전소자에서 출력되는 초음파 빔을 볼텍스 회전시키는 나선형 렌즈 또는 음향 메타 렌즈 중에서 적어도 하나를 포함하는 초음파 프로브 모듈.

청구항 15

청구항 12에 있어서,

상기 제1 소자 및 제2 소자 각각은, 동일하거나 서로 다른 종류의 압전소자들로 이루어질 수 있으며,

단일 소자형 또는 배열 소자형으로 구현되는 초음파 프로브 모듈.

청구항 16

청구항 13에 있어서,

상기 압전소자는,

상기 제1 소자의 중심을 기준으로 구경이 N개의 면으로 분할되며,

상기 빔 제어수단은,

신호 발생기에서 발생한 입력 신호의 위상을 조절하여 상기 압전소자의 각 분할 면에 서로 상이한 위상의 입력 신호를 인가하되, 상기 압전소자의 각 분할 면에 설정 각도(360도/N) 간격으로 규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호를 인가하거나 불규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호를 인가하는 초음파 프로브 모듈.

청구항 17

청구항 16에 있어서,

상기 압전소자는,

상기 빔 제어수단에 의해 각각의 분할 면으로 동일 위상의 입력 신호가 인가되는 경우 고정빔 상태의 초음파 빔을 제공하되 축방향으로 다중 초점을 갖는 초음파 빔을 생성하고,

상기 빔 제어수단에 의해 각각의 분할 면 중 제1 그룹의 면과 제2 그룹의 면에 서로 180도 위상차를 갖는 입력 신호를 인가하는 경우 고정빔 상태의 초음파 빔을 제공하되 축방향의 다중 초점과 축방향의 다중 초점을 동시에 갖는 초음파 빔을 생성하는 초음파 프로브 모듈.

청구항 18

청구항 16에 있어서,

상기 압전소자의 후면에 장착되어 상기 압전소자를 직접 회전시키는 모터;

상기 압전소자의 전면에 배치되어 상기 압전소자에서 출력되는 초음파 빔을 볼텍스 회전시키는 나선형 렌즈 또는 음향 메타 렌즈; 및

상기 나선형 렌즈 또는 음향 메타 렌즈의 전방에 배치되며, 렌즈를 통과한 초음파 빔이 내부를 관통 출력하고 내주면을 따라 나선형의 강선이 형성된 강선형 하우징을 더 포함하는 초음파 프로브 모듈.

청구항 19

청구항 18에 있어서,

상기 강선형 하우징은,

길이 방향으로 내경이 일정한 직진형, 전방으로 갈수록 내경이 좁아지는 집속형, 전방으로 갈수록 내경이 넓어

지는 방사형 중 어느 하나의 형태로 구현되는 초음파 프로브 모듈.

청구항 20

청구항 12 내지 청구항 17 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 소자 및 제2 소자 각각은,

서로 반대의 분극 방향을 가진 역전층 소자와 비역전층 소자가 초음파 신호의 진행 방향에 따라 전후 집합된 분극 역전 구조를 가지며,

분극 역전 구조에 따라 상기 압전소자로부터 다중 주파수 신호를 동시에 발생시키는 초음파 프로브 모듈.

청구항 21

귀 내부로 초음파를 송수신하여 검사하기 위한 초음파 시스템에 있어서,

오목한 곡면형 구조로 형성되어 전방의 제1 초점 위치에 초음파를 집속시키는 중심 압전소자와, 상기 중심 압전소자를 중심으로 주변부에 결합되되 상기 중심 압전소자보다 낮은 곡률의 오목한 곡면형 구조로 형성되며 상기 제1 초점 위치보다 먼 제2 초점 위치에 초음파를 집속시켜서 초점 심도를 확장시키는 적어도 하나의 주변 압전소자로 이루어지고, 구경이 N개의 면으로 분할된 초음파 변환자;

서로 다른 중심 주파수가 혼합된 형태의 다중 중심 주파수를 갖는 입력 신호를 발생시키는 신호 발생기; 및

상기 압전소자의 각 분할 면에 설정 각도(360도/N) 간격으로 규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호를 인가하거나 불규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호를 인가하도록 상기 신호 발생기에서 발생한 입력 신호의 위상을 조절하는 위상 조절기를 포함하는 초음파 시스템.

청구항 22

청구항 21에 있어서,

상기 중심 압전소자와 상기 주변 압전소자는 서로 다른 제1 공진 주파수와 제2 공진 주파수에서 동작하도록 설계된 초음파 시스템.

청구항 23

귀 내부로 초음파를 송수신하여 검사하기 위한 영상화 시스템에 있어서,

구경이 N개의 면으로 분할된 복수의 분할 소자로 이루어진 압전 소자를 포함하고, 상기 압전 소자에 의해 발생한 초음파 신호를 귀 내부의 타겟 부분인 내이 조직으로 송신 후 반사 신호를 수신하는 초음파 변환자;

입력 신호를 생성하는 신호 발생기;

상기 입력 신호의 위상을 조절하여 상기 복수의 분할 소자로 인가하는 빔 제어 수단인 위상 조절기;

상기 초음파 변환자가 B-scan 모드 및 C-scan 모드에 대응한 방향으로 움직이도록 상기 초음파 변환자의 움직임 을 제어하는 모드 제어기; 및

상기 반사 신호를 분석하여 상기 내이 조직의 내부 또는 표면에 대한 B-모드 영상 및 탄성 신호, 탄성 영상을 산출하는 신호 처리기를 포함하는 귀 내부 초음파 영상화 시스템.

청구항 24

청구항 23에 있어서,

상기 신호 발생기는,

매질의 이동량 측정을 위한 시작점이 되는 기준 신호를 인가하는 제1 구동 모드, 매질을 흔들어주기 위한 다중 초점 혹은 볼텍스 회전 형태의 푸싱 신호를 인가하는 제2 구동 모드, 그리고 푸싱 신호 인가 직후 상기 제1 구동 모드와 동일한 신호 타입을 가진 검출 신호를 인가하는 제3 구동 모드를 순차적으로 구동시키는 귀 내부 초음파 영상화 시스템.

청구항 25

청구항 24에 있어서,

상기 신호 처리기는,

상기 기준 신호 인가 시 획득된 제1 초음파 반사 신호 대비 상기 검출 신호 인가 시에 획득한 제2 초음파 반사 신호를 비교하여, 매질 표면의 이동량을 측정하고 상기 이동량에 대응하는 탄성을 계산하는 귀 내부 초음파 영상화 시스템.

청구항 26

청구항 24에 있어서,

상기 제1 및 제3 구동 모드는,

상기 복수의 분할 소자에게 동일 위상의 입력 신호를 인가하는 동일 위상 모드이고,

상기 제2 구동 모드는,

서로 다른 위상의 입력 신호들을 상기 복수의 분할 소자에게 인가하여 볼텍스 회전 빔을 발생시키는 귀 내부 초음파 영상화 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 청각기능 개선을 위한 에어커플드 볼텍스 초음파 프로브 모듈 및 이를 이용한 초음파 영상화 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 매질로 진행하는 초음파 빔이 볼텍스(vortex) 회전을 하면서 귀속으로 송수신되어 내이(inner ear) 조직을 실시간으로 영상화하거나 물리적으로 자극하여 청각 기능을 개선할 수 있도록 하는 초음파 프로브 모듈 및 이를 이용한 초음파 영상화 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 각종 스트레스의 증가, 그리고 스마트폰 등 음향 기기들을 접하는 시간의 증가로 연령에 상관없이 난청, 이명, 이석증, 메니에르(어지럼증)와 같은 귀질환 환자들이 급속히 증가하고 있다. 특히 메니에르 질환의 경우 내림프액 순환 문제로 인해 청각을 담당하는 달팽이관과 평형을 담당하는 전정기관 사이의 내림프액 압력이 증가하면서 발생하게 되는데, 급작스런 어지러움과 이명, 이충만감, 그리고 심하면 청력 손실을 유발할 수 있다.

[0003] 메니에르 병의 진단은 환자의 주관적인 증상 정보와 청력 검사, 눈동자 검사 등이 유일하기에, 정확한 귀속 영상 정보를 제공할 수 있는 의료기기의 필요성이 크게 증가하고 있다. 그러나 현재까지 메니에르를 비롯한 다양한 내이 관련 귀질환들을 정확히 진단하기 위해서 내이 부분을 볼 수 있는 의료기기는 CT 및 MRI 장비 외에는 없으며, 이들 귀내부 영상의 해상도가 충분하지 못하고 영상화에 많은 시간이 소요되기 때문에 상기 귀질환들을 신속히 진단하고 치료하는데 많은 어려움이 있다.

[0004] 근래에 초음파 기술은 비침습적이고 국소적으로 청각기관을 자극해서 청각기능을 복원할 수 있는 유망한 기술로 주목을 받고 있으나, 의료현장에 사용될 수준에 도달하기 위해서는 청각기관에 충분한 에너지가 도달할 수 있는 에어커플드 초음파 프로브가 개발되어야 한다.

[0005] 즉, 초음파 에너지는 매질간 음향 임피던스 차이가 크지 않을 경우 타겟 내부로 충분한 에너지가 송수신될 수 있는데, 현재까지 초음파 기반 내이 영상기기가 국내외적으로 상용화되지 못하고 있는 가장 큰 원인은 매우 얇은 고막과, 공기층 및 단단한 뼈들로 둘러싸인 귀내부 구조의 특성 때문에 초음파 에너지가 투과하기 어려운 물리적인 한계가 있기 때문이다.

[0006] 특히, 공기층에서 초음파 에너지가 매질로 투과하기 위해서는 중심 주파수를 낮추거나 송신되는 펄스의 길이를 증가시켜야 하며, 이로 인해 기존 고정빔(fixed beam) 기반 일반적인 에어커플드 초음파를 이용한 영상의 경우 해상도가 크게 낮아지는 문제점이 존재한다.

[0007] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국공개특허 제10-2021-0061501호(2021.05.28 공개)에 게시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 귀내부로 진행되는 초음파 빔이 볼텍스 회전을 하면서 송수신되고 그 회전력을 제어할 수 있도록 구현하여 고정된 초음파 빔보다 초음파 송수신 성능, 에너지 집속력 및 투과력을 증대시키고 귀내부를 효율적으로 영상화할 수 있도록하는 청각기능 개선을 위한 에어커플드 볼텍스 초음파 프로브 모듈 및 이를 이용한 초음파 영상화 시스템을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명은, 귀 내부로 초음파를 송수신하기 위한 초음파 변환자를 포함한 에어커플드 초음파 프로브 모듈에 있어서, 상기 초음파 변환자는, 입력 신호에 의해 초음파 빔을 발생시키는 압전소자, 및 상기 압전소자와 연결되거나 상기 압전소자의 전방에 배치되어, 상기 압전소자로부터 발생하는 초음파 빔을 와류 형태의 볼텍스 빔으로 생성하기 위한 빔 제어수단을 포함하며, 상기 압전소자는, 상기 빔 제어수단에 의해 볼텍스 회전하는 초음파 빔을 귀 내부의 내이 조직으로 제공하는 초음파 프로브 모듈을 제공한다.

[0010] 또한, 상기 압전소자는 단일 소자로 형성되며, 상기 빔 제어수단은, 상기 압전소자의 후면에 장착되어 상기 압전소자를 직접 회전시키는 모터, 상기 압전소자의 전면에 배치되어 상기 압전소자에서 출력되는 초음파 빔을 볼텍스 회전시키는 나선형 렌즈 또는 음향 메타 렌즈 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 볼텍스 빔의 회전 속도는, 상기 모터의 회전 속도, 상기 나선형 렌즈의 나선 패턴, 및 상기 음향 메타렌즈의 형태학적 구조 중 적어도 하나에 의해 결정될 수 있다.

[0012] 또한, 상기 압전소자는, 서로 반대의 분극 방향을 가진 역전층 소자와 비역전층 소자가 초음파 신호의 진행 방향에 따라 전후 접합된 분극 역전 구조를 가지며, 분극 역전 구조에 따라 상기 압전소자로부터 다중 주파수 신호를 동시에 발생시킬 수 있다.

[0013] 또한, 상기 압전소자는 복수의 분할 소자로 이루어지며, 상기 빔 제어수단은, 신호 발생기에서 발생한 입력 신호의 위상을 조절하여 상기 복수의 분할 소자에 서로 상이한 위상의 입력 신호를 인가하는 위상 조절기에 해당할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 복수의 분할 소자 각각은, 동일하거나 서로 다른 종류의 압전소자들로 이루어질 수 있으며, 단일 소자형 또는 배열 소자형으로 구현될 수 있다.

[0015] 또한, 상기 빔 제어수단은, N개의 각각의 분할 소자에 설정 각도(360도/N) 간격으로 규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호를 인가하거나 불규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호를 인가할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 빔 제어수단에 의해 각각의 분할 소자 중 제1 그룹의 소자 및 제2 그룹의 소자에 서로 180도 위상차를 갖는 입력 신호가 인가되면, 상기 압전소자는, 고정 빔 상태의 초음파 빔을 제공하되 측방향(lateral direction) 및 고도방향(elevational direction)으로 분할된 다중 초점을 갖는 초음파 빔을 생성할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 초음파 프로브 모듈은, 상기 압전소자의 후면에 장착되어 상기 압전소자를 직접 회전시키는 모터와, 상기 압전소자의 전면에 배치되어 상기 압전소자에서 출력되는 초음파 빔을 볼텍스 회전시키는 나선형 렌즈 또는 음향 메타 렌즈, 및 상기 나선형 렌즈 또는 음향 메타 렌즈의 전방에 배치되며, 렌즈를 통과한 초음파 빔이 내부를 관통 출력하고 내주면을 따라 나선형의 강선이 형성된 강선형 하우징을 더 포함할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 강선형(rifling) 하우징은, 길이 방향으로 내경이 일정한 직진형, 전방으로 갈수록 내경이 좁아지는 집속형, 전방으로 갈수록 내경이 넓어지는 방사형 중 어느 하나의 형태로 구현될 수 있다.

[0019] 또한, 상기 압전소자는, 서로 반대의 분극 방향을 가진 역전층 소자와 비역전층 소자가 초음파 신호의 진행 방향에 따라 전후 접합된 분극 역전 구조를 가지며, 분극 역전 구조에 따라 상기 압전소자로부터 다중 주파수 신호를 동시에 발생시킬 수 있다.

[0020] 또한, 상기 압전소자는, 오목한 곡면형 구조로 형성되어 전방의 제1 초점 위치에 초음파를 집속시키는 제1 소자, 그리고 상기 제1 소자를 중심으로 주변부에 결합되며 상기 제1 소자보다 낮은 곡률의 오목한 곡면형 구조로 형성되며 상기 제1 초점 위치보다 먼 제2 초점 위치에 초음파를 집속시켜서 초점 심도를 확장시키는 적어도 하나의 제2 소자를 포함하며, 상기 제1 소자와 제2 소자는 서로 다른 제1 공진 주파수와 제2 공진 주파수에서

동작하도록 설계될 수 있다.

- [0021] 또한, 상기 제1 소자 및 제2 소자는, 서로 다른 중심 주파수가 혼합된 형태의 다중 중심 주파수를 갖는 입력 신호가 동시에 입력되고, 입력된 신호에서 자신의 공진 주파수에 해당하는 초음파 신호를 선별하여 송수신할 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 빔 제어수단은, 상기 압전소자의 후면에 장착되어 상기 압전소자를 직접 회전시키는 모터, 상기 압전 소자의 전면에 배치되어 상기 압전소자에서 출력되는 초음파 빔을 볼텍스 회전시키는 나선형 렌즈 또는 음향 메타 렌즈 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0023] 또한, 상기 제1 소자 및 제2 소자 각각은, 동일하거나 서로 다른 종류의 압전소자들로 이루어질 수 있으며, 단일 소자형 또는 배열 소자형으로 구현될 수 있다.
- [0024] 또한, 상기 압전소자는, 상기 제1 소자의 중심을 기준으로 구경이 N개의 면으로 분할되며, 상기 빔 제어수단은, 신호 발생기에서 발생한 입력 신호의 위상을 조절하여 상기 압전소자의 각 분할 면에 서로 상이한 위상의 입력 신호를 인가하되, 상기 압전소자의 각 분할 면에 설정 각도(360도/N) 간격으로 규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호를 인가하거나 불규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호를 인가할 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 압전소자는, 상기 빔 제어수단에 의해 각각의 분할 면으로 동일 위상의 입력 신호가 인가되는 경우 고정빔 상태의 초음파 빔을 제공하되 축방향(axial direction)으로 다중 초점을 갖는 초음파 빔을 생성하고, 상기 빔 제어수단에 의해 각각의 분할 면 중 제1 그룹의 면과 제2 그룹의 면에 서로 180도 위상차를 갖는 입력 신호를 인가하는 경우 고정빔 상태의 초음파 빔을 제공하되 축방향의 다중 초점과 축방향의 다중 초점을 동시에 갖는 초음파 빔을 생성할 수 있다.
- [0026] 또한, 상기 초음파 프로브 모듈은, 상기 압전소자의 후면에 장착되어 상기 압전소자를 직접 회전시키는 모터와, 상기 압전소자의 전면에 배치되어 상기 압전소자에서 출력되는 초음파 빔을 볼텍스 회전시키는 나선형 렌즈 또는 음향 메타 렌즈, 및 상기 나선형 렌즈 또는 음향 메타 렌즈의 전방에 배치되며, 렌즈를 통과한 초음파 빔이 내부를 관통 출력하고 내주면을 따라 나선형의 강선이 형성된 강선형 하우징을 더 포함할 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 강선형 하우징은, 길이 방향으로 내경이 일정한 직진형, 전방으로 갈수록 내경이 좁아지는 집속형, 전방으로 갈수록 내경이 넓어지는 방사형 중 어느 하나의 형태로 구현될 수 있다.
- [0028] 또한, 상기 제1 소자 및 제2 소자 각각은, 서로 반대의 분극 방향을 가진 역전층 소자와 비역전층 소자가 초음파 신호의 진행 방향에 따라 전후 접합된 분극 역전 구조를 가지며, 분극 역전 구조에 따라 상기 압전소자로부터 다중 주파수 신호를 동시에 발생시킬 수 있다.
- [0029] 그리고, 본 발명은, 귀 내부로 초음파를 송수신하여 검사하기 위한 초음파 시스템에 있어서, 오목한 곡면형 구조로 형성되어 전방의 제1 초점 위치에 초음파를 집속시키는 중심 압전소자와, 상기 중심 압전소자를 중심으로 주변부에 결합되되 상기 제1 소자보다 낮은 곡률의 오목한 곡면형 구조로 형성되며 상기 제1 초점 위치보다 먼 제2 초점 위치에 초음파를 집속시켜서 초점 심도를 확장시키는 적어도 하나의 주변 압전소자로 이루어지고, 구경이 N개의 면으로 분할된 초음파 변환자와, 서로 다른 중심 주파수가 혼합된 형태의 다중 중심 주파수를 갖는 입력 신호를 발생시키는 신호 발생기, 및 상기 압전소자의 각 분할 면에 설정 각도(360도/N) 간격으로 규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호를 인가하거나 불규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호를 인가하도록 상기 신호 발생기에서 발생한 입력 신호의 위상을 조절하는 위상 조절기를 포함하는 초음파 시스템을 제공한다.
- [0030] 또한, 상기 중심 압전소자와 상기 주변 압전소자는 서로 다른 제1 공진 주파수와 제2 공진 주파수에서 동작하도록 설계될 수 있다.
- [0031] 또한, 본 발명은, 귀 내부로 초음파를 송수신하여 검사하기 위한 영상화 시스템에 있어서, 구경이 N개의 면으로 분할되어 복수의 분할 소자로 이루어진 압전 소자를 포함하고, 상기 압전 소자에 의해 발생한 초음파 신호를 귀 내부의 타겟 부분인 내이 조직으로 송신 후 반사 신호를 수신하는 초음파 변환자와, 입력 신호를 생성하는 신호 발생기와, 상기 입력 신호의 위상을 조절하여 상기 복수의 분할 소자로 인가하는 빔 제어 수단인 위상 조절기와, 상기 초음파 변환자가 B-scan 모드 및 C-scan(constant depth) 모드에 대응한 방향으로 움직이도록 상기 초음파 변환자의 움직임을 제어하는 모드 제어기, 및 상기 반사 신호를 분석하여 상기 내이 조직의 내부 또는 표면에 대한 B-모드 영상 및 탄성 신호, 탄성 영상을 산출하는 신호 처리기를 포함하는 귀 내부 초음파 영상화 시스템을 제공한다.
- [0032] 또한, 상기 신호 발생기는, 매질의 이동량 측정을 위한 시작점이 되는 기준 신호를 인가하는 제1 구동 모드, 매

질을 흔들어주기 위한 다중 초점 혹은 볼텍스 회전 형태의 푸싱 신호를 인가하는 제2 구동 모드, 그리고 푸싱 신호 인가 직후 상기 제1 구동 모드와 동일한 신호 타입을 가진 검출 신호를 인가하는 제3 구동 모드를 순차적으로 구동시킬 수 있다.

[0033] 또한, 상기 신호 처리기는, 상기 기준 신호 인가 시 획득된 제1 초음파 반사 신호 대비 상기 검출 신호 인가 시에 획득한 제2 초음파 반사 신호를 비교하여, 매질 표면의 이동량을 측정하고 상기 이동량에 대응하는 탄성을 계산할 수 있다.

[0034] 또한, 상기 제1 및 제3 구동 모드는, 상기 복수의 분할 소자에게 동일 위상의 입력 신호를 인가하는 동일 위상 모드이고, 상기 제2 구동 모드는, 서로 다른 위상의 입력 신호들을 상기 복수의 분할 소자에게 인가하여 볼텍스 회전 빔을 발생시킬 수 있다.

발명의 효과

[0035] 본 발명에 따르면, 귀 내부로 송수신되는 초음파 빔을 소용돌이 형태로 볼텍스 회전시키며, 이때 발생하는 회전 운동 에너지, 즉 각운동량(angular momentum)과 집속 에너지와의 시너지 효과를 발생시켜서, 기존의 고정 빔 기반의 초음파 변환자 대비 송수신 에너지 및 집속력, 그리고 투과력을 크게 증가시키고, 이를 통하여 귀내부를 효율적으로 영상화하거나 치료할 수 있도록 한다.

도면의 간단한 설명

[0036] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 볼텍스 빔을 제공하는 초음파 변환자를 포함한 초음파 프로브 모듈의 외형을 예시적으로 설명한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예를 위한 단일 초점 및 단일 주파수를 갖는 초음파 변환자의 구성을 나타낸 도면이다.

도 3은 도 2에 기반한 볼텍스 빔 발생을 위한 초음파 변환자의 구조를 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 다른 실시예를 위한 다중 커브 구조의 초음파 변환자의 구성을 나타낸 도면이다.

도 5는 도 4에 기반한 볼텍스 빔 발생을 위한 초음파 변환자의 구조를 나타낸 도면이다.

도 6은 도 2 및 도 3에 분극 역전 구조가 적용된 모습을 설명한 도면이다.

도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 초음파 변환자의 구조를 예시적으로 나타낸 도면이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 초음파 시스템의 구조를 예시한 도면이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 초음파 영상화 시스템의 구조를 예시한 도면이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 초음파 영상화 시스템에 적용되는 분할 구조의 압전 소자를 통한 빔 형성 예시를 설명한 도면이다.

도 11은 본 발명의 실시예에서 음향방사력기반 탄성 영상을 획득하는 방법을 설명한 도면이다.

도 12는 B-scan과 c-scan의 개념을 설명한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0038] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0039] 본 발명은 기존 고정빔 에어커플드 초음파 프로브가 지닌 단점들을 해결할 수 있는 귀질환 검사, 진단 및 치료

를 위한 에어커플드 볼텍스 초음파 프로브 모듈 및 이를 이용한 초음파 영상화 시스템을 제안한다.

- [0040] 초음파 빔의 형태가 고정되지 않고 볼텍스 회전하면서 송수신되면 볼텍스 회전력에 의한 운동 에너지 즉 각운동량이 초음파 집속 에너지와 시너지 효과를 가져올 수 있으며, 이로 인해 집속점과 비집속점에서의 초음파 송수신 에너지, 집속 에너지, 그리고 초음파 투과력을 증가시킬 수 있다.
- [0041] 이에 본 발명에서는 초음파가 볼텍스 회전을 하면서 내이 부분까지 송수신될 수 있게 해주고 그 회전력을 제어할 수 있는 새로운 귀질환 전용 초음파 프로브 모듈 및 시스템을 제안한다.
- [0042] 일반적으로 특정 지점에 초음파 에너지를 집속 시키려면 렌즈를 사용하거나 변환자 구경 변형을 통해 초음파 빔을 한점에 집속 시키면 된다. 집속된 지점에서 초음파 에너지가 제일 크지만 응용분야에 따라 집속점의 에너지를 더욱 키워야 할 필요성이 있다. 일반적으로 집속점의 에너지를 키우려면 프로브 구동 전압을 증가 시키는데, 이는 시스템 적인 한계가 있을 뿐만 아니라, 구동 전압이 너무 크면 압전소자가 파손된다. 또한 초점거리 및 구경크기는 응용 분야에 따라 임의로 조절하는 것이 어려운 경우가 많다.
- [0043] 특히 본 발명에서처럼 귀 내부를 진단 및 치료하기 위해서는 구경의 크기가 일정 사이즈 이하로 유지되면서도 초음파 에너지를 높여야 하지만, 전기적 임피던스 문제로 초음파 구경이 어느 수준 이하로 소형화 되기에는 물리적인 한계점이 존재한다.
- [0044] 이처럼 기존 고정된 초음파 빔을 발생시키는 초음파 변환자 기술의 문제점들을 해결하기 위해 본 발명에서는 귀 내부에 송수신되는 초음파 빔에 물리적 회전 운동 에너지인 볼텍스 회전력을 발생시키고 이때 발생하는 각운동량을 초음파의 집속 에너지에 반영시켜 시너지 효과를 만들고, 이로 인해 집속점의 에너지 및 투과 효과를 크게 증가시켜, 컷속 깊은 내이 부분까지 초음파 에너지를 전달할 수 있는 기술을 제안한다.
- [0045] 본 발명의 실시예에서 제안하는 에어커플드 초음파 프로브 모듈에 적용되는 초음파 변환자는 기본적으로 압전소자를 포함하며, 이러한 압전소자에서 발생하는 빔을 볼텍스 회전시키기 위한 빔 제어수단을 포함하는 구조를 가진다.
- [0046] 압전소자는 입력 신호의 인가에 따라 초음파 빔을 발생시킨다. 여기서 빔 제어수단은 압전소자와 직접 연결되거나 압전소자의 전방에 배치되어, 초음파 빔을 일반적인 고정 빔의 형태가 아닌 와류 형태로 회전하는 볼텍스 빔의 형태로 가공한다.
- [0047] 빔 제어수단에 의해 압전소자는 볼텍스 회전하는 초음파 빔을 전방의 매질 즉, 귀 내부의 내이 조직으로 제공한다. 본 발명의 실시예에서 빔 제어수단은 압전소자의 후면에 연결되어 압전소자를 회전시키는 모터 혹은 압전소자의 전방에 배치되어 입사되는 빔을 회전 유도하도록 설계된 렌즈(나선형 렌즈 혹은 음향 메타 렌즈) 등을 포함할 수 있다.
- [0048] 물론 그밖에도, 압전소자의 구경이 여러 개로 분할된 형태의 분할 압전소자 구조인 경우에는 구경의 각 분할 영역에 설정 각도 간격으로 규칙적인 위상차 또는 불규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호를 인가하기 위한 위상 조절기를 빔 제어수단으로 활용하여 볼텍스 빔을 생성할 수 있다. 물론, 이 경우에는 앞서 설명한 모터, 렌즈 및 나선형 하우징 중 적어도 하나를 추가로 부가할 수 있으며 이는 추후 상세히 설명할 것이다.
- [0049] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 볼텍스 빔을 제공하는 초음파 변환자를 포함한 초음파 프로브 모듈의 외형을 예시적으로 설명한 도면이다.
- [0050] 초음파 검사는 초음파 프로브 모듈의 일단부가 환자의 귀에 삽입된 상태에서 이루어질 수 있다. 초음파 프로브 모듈은 측정이 용이하도록 하측의 손잡이 부분과 귀에 삽입되는 상측의 측정부를 포함하여 구성될 수 있고 압전소자는 측정부에 포함될 수 있다.
- [0051] 구체적으로 초음파 프로브 모듈(10)은 도 1에서와 같이 초음파 신호의 송수신이 이루어지는 일단부(11) 부분이 환자의 귀에 삽입된 상태로 사용될 수 있으며 타단부(12) 부분은 손잡이 형태를 가질 수 있다. 일단부(11) 내측에는 초음파 변환자를 구성하는 압전 소자가 설치될 수 있으며 타단부(12)에는 각종 소자, 부품, 처리 회로 등이 내장될 수 있다.
- [0052] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따른 초음파 프로브 모듈은 일단부가 귀 내부에 삽입 가능한 구조를 가질 수 있다. 여기서 물론 초음파 프로브 모듈의 외형이 반드시 도 1에 의해 한정되지는 않는다. 또한 초음파 프로브 모듈(10)은 PC 등의 사용자 단말기, 디스플레이 장치 등과 유무선 연결되어 각종 데이터와 신호를 주고받을 수도 있다.

- [0053] 이하에서는 본 발명에서 제안하는 청각기능 개선을 위한 에어커플드 볼텍스 초음파 프로브 모듈을 위한 초음파 변환자의 다양한 실시예를 상세히 설명한다.
- [0054] 도 2는 본 발명의 일 실시예를 위한 단일 초점 및 단일 주파수를 갖는 초음파 변환자의 구성을 나타낸 도면이다.
- [0055] 도 2의 (a)는 단일 소자로 이루어진 초음파 변환자로, 초음파 빔이 송출되는 축방향에 대해 단일 초점을 갖는 초음파 빔을 발생시킨다.
- [0056] 도 2의 (b)는 2개의 분할 소자로 이루어진 초음파 변환자 구조로, 각 분할 소자에 180도 차이나는 서로 다른 위상(예: 0도, 180도)을 인가하게 되면 축방향에 대해서는 단일 초점을 가지고 축 방향으로의 빔이 2개로 분할된 형태의 다중 초점을 갖는 초음파 빔을 발생시킬 수 있다.
- [0057] 이러한 도 2에 도시된 초음파 변환자 구조에서는 고정된 집속 빔을 송수신하게 된다. 다음은 이러한 도 2의 구조를 기반으로 하되 도 2와 같은 고정 빔이 아닌 와류 형태로 회전하는 볼텍스 빔을 제공하는 초음파 변환자 구조를 도 3을 통해 상세히 설명한다.
- [0058] 도 3은 도 1에 기반한 볼텍스 빔 발생을 위한 초음파 변환자의 구조를 나타낸 도면이다.
- [0059] 도 3의 (a)는 볼텍스 빔 발생을 위한 빔 제어수단으로 '모터'를 활용한 것이고, (b)는 '나선형 렌즈' 또는 '음향 메타 렌즈'를 활용한 것이고, (c)는 분할 소자의 각 입력 신호의 위상을 제어하는 '위상 조절기'를 활용한 것이다. 이러한 도 3에서 제안한 초음파 변환자 구조에서는 볼텍스 회전 빔을 발생시켜 기존 초음파 변환자 보다 향상된 송수신 에너지를 제공할 수 있다.
- [0060] 도 3의 (a)에 나타난 초음파 변환자(100-1)는 압전소자(110) 및 모터(120a)를 포함한 구조로, 회전형 모터(120a)를 사용하여 압전소자(110)를 회전시켜 매질 속으로 초음파 빔이 볼텍스 회전하면서 진행되도록 할 수 있다.
- [0061] 구체적으로, 도 3의 (a)에 나타난 압전소자(110)는 단일 소자로 이루어지며 인가되는 입력 신호에 의해 초음파 빔을 발생시킨다. 이를 위해 신호 발생기가 단일 주파수의 입력 신호를 생성하여 압전소자(110)로 제공할 수 있다.
- [0062] 압전소자(110)의 후면에 장착된 모터(120a)는 압전소자(110)를 축방향으로 직접 회전시킨다. 이에 따라 압전소자(110)의 전면으로 출력되는 초음파 빔은 고정 빔의 형태가 아닌 와류 형태의 회전하는 볼텍스 빔의 형태가 된다.
- [0063] 이와 같이 도 3의 (a)의 구조에서 압전소자(110)는 빔 제어수단인 모터(120a)의 동작에 따라 직접 회전하면서 전방의 매질 즉, 귀 내부에 위치한 내이 조직까지 볼텍스 회전하는 초음파 빔을 제공하게 된다. 이 경우 볼텍스 빔의 회전 속도는 모터의 회전 속도에 따라 결정될 수 있다. 물론 모터가 정지된 경우에는 초음파 빔이 고정 빔으로 제어될 수 있다.
- [0064] 도 3의 (b)에 나타난 초음파 변환자(100-2)는 단일 소자로 이루어진 압전소자(110) 및 그의 전면 혹은 전방에 배치된 렌즈(120b)를 포함한다. 이때, 렌즈는 나선형 렌즈 또는 음향 메타 렌즈에 해당한다. 이러한 도 3의 (b)는 특수 제작된 나선형 렌즈 혹은 음향 메타 렌즈를 이용하여 빔을 볼텍스 회전시키는 구조이다.
- [0065] 즉, 도 3의 (b)는 모터(120a) 대신에 렌즈(120b)를 활용하여 압전소자(110)의 전방으로 출력되는 초음파 빔을 볼텍스 회전시킨다. 이 경우 볼텍스 빔의 회전 속도는 렌즈의 나선 패턴 구조 혹은 음향 메타 렌즈의 형태학적 구조에 의해 결정될 수 있다.
- [0066] 나선형 렌즈는 볼텍스 빔을 발생 시킬 수 있도록 단일 나선형 혹은 다중 나선형을 가질 수 있다. 음향 메타 렌즈는 자연계에 없는 음향 특성을 가진 메타 물질을 적용해 만든 모듈로서, 구성 소자 사이즈가 매우 작은 소자들로 만들어진다. 이러한 소자들을 정밀하게 나선형 모양으로 배치해서 볼텍스 빔을 만들 수 있다.
- [0067] 도 3의 (c)에 나타난 초음파 변환자(100-3)는 복수의 분할 소자(111)로 이루어진 압전소자(110a) 및 빔 제어수단인 위상 조절기(120c)를 포함한 구조이다. 여기서 압전소자(110a)의 구경이 4 분할된 구조를 예시한다.
- [0068] 여기서 압전소자(110a)를 구성한 복수(N개)의 분할 소자(111) 각각은 단일 소자 타입 또는 배열 소자 타입으로 구현될 수 있다. 또한 각각의 분할 소자(111)는 서로 동일한 소재 또는 서로 상이한 소재로 형성될 수 있다. 이에 따라, 각각의 분할 소자(111)는 동일하거나 서로 다른 종류의 압전소자들로 이루어질 수 있다.

- [0069] 위상 조절기(120c)는 신호 발생기(130)에서 발생한 입력 신호의 위상을 조절하여 복수의 분할 소자(111)에 서로 상이한 위상의 입력 신호를 인가한다.
- [0070] 이때, 위상 조절기(120c)는 발생한 입력 신호를 입력받아 그 위상을 조절하여 각각의 분할 소자(111)에 설정 각도(360도/N) 간격으로 규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호를 개별 인가할 수 있다. 4분할 구조이므로 설정 각도는 90도가 된다. 물론, 이외에도 각 분할 소자(111)에 서로 불규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호를 인가할 수 있다. 위상 조절기(120c)는 하나의 입력 신호에 대해 서로 다른 위상으로 조절된 4개의 입력 신호를 출력할 수도 있고, 동일한 입력 신호를 각각 포트 별로 입력받고 각각을 서로 다른 위상으로 조절하여 개별 출력할 수도 있다.
- [0071] 위상차는 분할되는 초음파 구경의 개수에 따라 달라지므로, 규칙적인 경우에는 360도/N을 가질 수 있지만, 불규칙적인 위상차도 가능하다. 본 발명의 실시예에서는 4분할된 구조를 예시하므로, 각 분할 소자(111)에 인가되는 입력 신호의 위상을 90도 간격(0도, 90도, 180도, 270도)으로 변화시킨 한가지 예를 보여준다.
- [0072] 이와 같이, 변환자의 구경을 다중 소자로 나누고, 분할된 각 소자(111)에 가해지는 전기 신호의 위상을 일정 간격으로 변화시키면 송수신되는 초음파 빔을 볼텍스 회전시킬 수 있다. 이 경우 볼텍스 빔의 회전 속도는 분할 구경에 인가되는 위상 패턴 조정을 통해 조절될 수 있다.
- [0073] 여기서, 도 3의 (c) 구조에서, 분할된 소자들 사이의 위상차가 180도가 되면, 빔이 고정되면서 도 2의 (b)처럼 초점을 측방향으로 분할시킬 수 있다. 예를 들어, 도 1의 (b)처럼 4개의 분할 소자를 2개씩 2 그룹으로 구분하여 제1 그룹과 제2 그룹에 서로 180도 위상차를 갖는 입력 신호를 인가하면 고정 빔이 생성될 수 있으며 측방향으로 다중 초점이 형성될 수 있다. 만일 측방향 및 고도방향으로 동시에 다중 초점을 발생 시키려면 4개의 분할 소자에서 상호 대각선에 위치한 소자들을 2개씩 묶어 그룹을 생성하고 서로 180도 위상차를 갖는 입력 신호를 인가하면 된다.
- [0074] 즉, 위상 조절기(120c)에 의해 각각의 분할 소자(111) 중 제1 그룹의 소자 및 제2 그룹의 소자에 서로 180도 위상차를 갖는 입력 신호가 인가(예: 제1 그룹에는 위상이 0도인 입력 신호, 제2 그룹에는 180도인 입력 신호가 인가)되면, 압전소자(110a)에서는 고정 빔 상태의 초음파 빔을 제공하되 측방향으로 분할된 다중 초점을 갖는 초음파 빔을 생성할 수 있다.
- [0075] 이러한 본 발명의 실시예의 경우, 볼텍스 회전 속도는 모터의 속도를 제어하거나, 나선형 렌즈의 패턴을 변경시키거나, 메타렌즈의 구조를 변경시키거나, 분할구경에 인가되는 위상 패턴 조정을 통해 조절 가능하다.
- [0076] 제안된 기술은 다중 초점 및 다중 주파수를 발생시킬 수 있는 다중 커브 공초점 초음파 변환자에도 적용 가능하다.
- [0077] 도 4는 본 발명의 다른 실시예를 위한 다중 커브 구조의 초음파 변환자의 구성을 나타낸 도면이다.
- [0078] 도 4의 (a)를 참조하면, 다중 커브 구조 및 다중 주파수를 위한 압전소자(210)는 고주파수 초음파를 발생시킬 수 있도록 제작한 제1 압전소자(211)(이하, 제1 소자)를 중심으로 그 주변부에 저주파수 초음파를 발생시킬 수 있는 제2 압전소자(212)(이하, 제2 소자)를 결합시킨 후, 이들 소자들(211,212) 끼리 공통 신호 라인과 공통 접지 라인을 갖도록 전극 패턴을 연결시켜 제작된다. 이때, 고주파수는 제1 공진주파수(f_1), 저주파수는 제2 공진주파수(f_2)로 표현될 수 있다($f_1 > f_2$).
- [0079] 여기서, 고주파 압전소자인 제1 소자(211)는 근거리 초점에 집속을, 그 주변부에 연결된 저주파 압전소자인 제2 소자(212)는 원거리 초점에 집속을 할 수 있도록, 제1 소자(211)와 제2 소자(212)간 서로 다른 곡률을 가지게 구경을 변형해주거나, 변형된 렌즈를 사용하면, 초음파 감쇠 현상을 최소화하면서 측방향으로 초점심도(Depth of focus, DOF)를 증가시킬 수 있다.
- [0080] 즉, 고주파수 초음파는 감쇠 현상이 심하므로 근거리 초점이 형성되고 저주파수 초음파는 감쇠 현상이 심하지 않으므로 원거리 초점이 형성된다. 이와 같이, 각기 다른 중심 주파수와 곡률로 설계된 제1 소자(211) 및 제2 소자(212)를 기반으로 초점 심도가 더욱 향상된 초음파 빔을 제공할 수 있다.
- [0081] 두 종류의 소자(211,212)가 상호 전극 연결이 되어 있기 때문에, 서로 다른 중심 주파수가 혼합된 입력 신호가 단일 신호선을 통해 인가되면, 각 소자(211,212)는 인가된 혼합 입력 신호에서 자신의 공진 주파수에 해당하는 초음파 신호를 선별하여 송수신할 수 있다. 즉, 각 소자 자체가 개별적인 대역필터(band pass filter) 역할을 하게 된다.

- [0082] 도 4의 (b)는 (a)와 비교하여 구경을 2 분할한 구조를 갖는 압전소자를 포함한 초음파 변환자로, 분할된 각 면에 서로 다른 위상(0도, 180도)을 인가하게 되면 축방향으로는 다중 초점을 갖고 측방향으로는 빔이 2개로 분할된 다중 초점을 갖는 초음파 빔을 발생시킬 수 있다.
- [0083] 이러한 도 4와 같은 다중 커브 구조를 갖는 다중 주파수 초음파 변환자에 제안된 볼텍스 회전 기술을 적용하면 아래의 도 5와 같이 볼텍스 회전형 빔을 송수신할 수 있다.
- [0084] 도 5는 도 4에 기반한 볼텍스 빔 발생을 위한 초음파 변환자의 구조를 나타낸 도면이다.
- [0085] 여기서, 도 5의 (a)는 볼텍스 빔 발생을 위한 빔 제어수단으로 '회전형 모터'를 활용한 것이고, (b)는 '나선형 렌즈' 또는 '음향 메타 렌즈'를 활용한 것이고, (c)는 분할 구경의 각 입력 신호의 위상을 제어하는 '위상 조절기'를 활용한 것으로, 상기 언급된 방법들은 모두 볼텍스 회전 초음파 빔을 유도할 수 있다.
- [0086] 먼저, 도 5의 (a)를 참조하면, 초음파 변환자(200-1)는 다중 커브 구조의 압전소자(210) 및 이에 연결된 모터(220a)를 포함한다. 앞서와 같이, 회전형 모터(220a)를 사용하여 압전소자(210)를 회전시켜 매질 속으로 초음파 빔이 볼텍스 회전하면서 진행되도록 한다.
- [0087] 압전소자(210)는 오목한 곡면형 구조를 가지되 서로 다른 곡률로 형성된 제1 소자(211) 및 제2 소자(212)로 구성되어 다중 커브 구조를 갖는다. 제1 소자(211)와 제2 소자(212) 각각은 단일 소자 타입 또는 배열 소자 타입으로 구현될 수 있다. 또한 각각의 소자(211,212)는 서로 동일한 소재 또는 서로 상이한 소재로 형성될 수 있다.
- [0088] 제1 소자(211)는 오목한 곡면형 구조로 형성되어 도 4에서와 같이 전방의 제1 초점(A) 위치에 초음파를 집중시킨다. 여기서 제1 소자(211)는 제1 공진주파수(f_1)에서 동작하도록 설계된다. 제2 소자(212)는 제1 소자(211)를 중심으로 그 주변부에 적어도 하나 결합된다. 이때, 제2 소자(212)는 제1 소자(211)보다 낮은 곡률의 오목한 곡면형 구조로 형성되며, 제1 초점(A) 위치보다 먼 제2 초점(B) 위치에 초음파를 집중시켜서 초점 심도를 확장시킨다. 제2 소자(212)는 제1 공진주파수(f_1)와는 상이한 제2 공진주파수(f_2)에서 동작하도록 설계된다($f_2 < f_1$).
- [0089] 이에 따르면, 제1 및 제2 소자(211,212)의 상이한 곡률에 따라 다중 커브 구조로 설계되어, 초점 심도의 측방향 길이를 확장시킬 수 있으며, 서로 상이한 중심 주파수에 따른 다중 주파수를 활용하여 초점 심도의 측방향 넓이를 균일하게 유지하면서 원거리 초점 심도의 에너지 손실을 최소화할 수 있다.
- [0090] 본 발명의 실시예의 경우, 두 개의 압전소자(211,212)를 동시 동작시키기 위하여, 각각의 소자들의 중심 주파수에 해당하는 f_1 과 f_2 신호가 혼합된 신호(f_1+f_2)를 입력 신호로 사용할 수 있다.
- [0091] 따라서, 제1 및 제2 소자(211,212)에는 서로 다른 중심 주파수가 혼합된 형태의 다중 중심 주파수를 갖는 입력 신호(f_1+f_2)가 동시에 입력되고, 각각의 압전소자(211,212)는 입력된 신호에서 자신의 공진 주파수에 해당하는 초음파 신호를 선별하여 송수신한다. 응용 목적에 따라서는 다중 중심 주파수를 갖는 신호가 선택적으로 입력될 수 있다.
- [0092] 각각의 소자(211,212)는 설계된 공진 주파수의 신호 입력에 반응하여 기계적 진동하여 해당 주파수의 초음파 신호를 발생시키고, 그 밖의 다른 주파수의 신호에는 반응(동작)하지 않는다. 즉, 제1 소자(211)는 f_1 과 f_2 가 혼합된 입력 신호에 대응하여 f_1 에 해당하는 초음파 신호를 선별하여 송수신하고, 제2 소자(212)는 f_2 에 해당하는 초음파 신호를 선별하여 송수신한다.
- [0093] 이와 같이, 제1 및 제2 소자(211,212)는 인가된 혼합 신호를 개별 공진 특성에 의해 물리적으로 필터링하여 각 소자들의 중심 주파수에 해당하는 초음파만 분리해서 송수신할 수 있다. 즉, 혼합된 신호가 입력되어도 각 소자에서는 f_1 과 f_2 의 초음파를 분리해서 송수신할 수 있다. 물론, 두 소자에 인가되는 신호가 동일하므로 신호 발생기도 한 대만 필요로 하여 전체 시스템이 간단해진다.
- [0094] 도 5의 (a)의 구조에서 압전소자(210)는 빔 제어수단인 모터(220a)의 동작에 따라 직접 회전하면서 전방의 매질로 볼텍스 회전하는 초음파 빔을 제공하게 된다. 볼텍스 빔의 회전 속도는 모터의 회전 속도에 따라 조절될 수 있다.
- [0095] 도 5의 (b)에 나타낸 초음파 변환자(200-2)는 다중 커브 구조의 압전소자(210) 및 그의 전면 혹은 전방에 배치된 렌즈(220b)(나선형 렌즈 또는 음향 메타 렌즈)를 포함하며, 모터(220a) 대신에 렌즈(220b)를 활용하여 압전소자(210)의 전방으로 출력되는 다중 주파수 및 다중 초점의 초음파 빔을 볼텍스 회전시킨다. 이 경우 볼텍스 빔의 회전 속도는 렌즈의 나선 패턴 혹은 음향 메타 렌즈의 형태학적 구조에 의해 결정될 수 있다.

- [0096] 도 5의 (c)에 나타낸 초음파 변환자(200-3)는 (a)와는 달리 구경이 N개로 분할된 압전소자(210a)와 빔 제어수단인 위상 조절기(220c)를 포함한 구조를 갖는다. 여기서 압전소자(210a)는 오른쪽 그림과 같이 구경이 4 분할된 구조(N=4)를 예시한다. 압전소자(210a)는 제1 소자(211)의 중심을 기준으로 구경이 4개의 면으로 십자 모양으로 분할된 것을 알 수 있다.
- [0097] 이때, 위상 조절기(220c)는 신호 발생기(230)에서 발생한 입력 신호의 위상을 조절하여, 압전소자(210a)의 각 분할 구경 면에 설정 각도(360도/N) 간격으로 규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호를 각각 인가하거나, 불규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호를 인가한다. 도 5의 (c)는 4 분할 구조를 예시하므로, 4개의 각 분할 면에 인가되는 입력 신호의 위상을 90도 간격(0도, 90도, 180도, 270도)으로 변화시킨 한가지 예를 보여준다. 여기서 물론, 위상차는 분할되는 초음파 구경의 개수에 따라 달라지며, 불규칙적인 위상차도 가능하다.
- [0098] 여기서 물론, 도 5의 (c)의 구조에서, 압전소자(210a)는 위상 조절기(220c)에 의해 각각의 분할 면으로 동일 위상의 입력 신호가 인가되는 경우에 고정빔 상태의 초음파 빔을 제공하되 축방향으로 다중 초점을 갖는 초음파 빔을 생성할 수 있다.
- [0099] 또한, 각각의 분할 면 중에서 제1 그룹의 면과 제2 그룹의 면에 서로 180도 위상차를 갖는 입력 신호를 인가하는 경우에는 고정빔 상태의 초음파 빔을 제공하되, 도 5의 (b)의 경우와 같이 축방향의 다중 초점과 축방향의 다중 초점을 동시에 갖는 초음파 빔을 생성할 수 있다.
- [0100] 예를 들어, 4개의 영역을 2개씩 2 그룹으로 구분하여 제1 그룹의 영역에는 위상이 0도인 신호, 제2 그룹의 영역에는 위상이 180도인 신호를 인가하면 된다. 즉, 도 5의 (b)처럼 이중으로 분할된 초음파 변환자에 위상차가 180도가 나도록 신호를 인가하면 축방향으로 분할된 초점을 발생시킬 수 있다. 이는 초점 영역을 확장시킬 수 있으므로 치료용 초음파의 치료 효과를 증가시킬 수 있다.
- [0101] 한편, 초음파 변환자 구조는 일반적인 단일 층 압전소자로 구성될 수 있지만, 아래의 도 6에 도시된 분극 역전 압전소자 구조로 구성될 수 있다.
- [0102] 도 6은 도 2 및 도 3에 분극 역전 구조가 적용된 모습을 설명한 도면이다. 여기서 도 6의 (a)는 도 2의 (a)에 분극 역전 구조가 적용된 모습이고, (b)-(d)는 도 3에 분극 역전 구조가 적용된 모습이다.
- [0103] 이와 같이, 분극 역전 구조로 구현한 압전소자는 서로 반대의 분극 방향을 가진 역전층 소자(→ 표시 부분)와 비역전층 소자(← 표시 부분)가 초음파 신호의 진행 방향에 따라 전후 접합되어, 역전층과 비역전층의 비율 조절 및 음향 임피던스 조절이 가능한 분극 역전(polarization inversion) 구조를 가진다.
- [0104] 일반적으로 분극 역전 기술은 서로 반대의 분극 방향을 가진 두 압전 소자를 초음파 신호의 진행 방향에 대해 전후로 접합한 구조를 사용한 기술로서, 이를 이용하면 분극 역전 기술이 적용된 압전소자로부터 다중 주파수 성분이 발생하여 조직 표면에 집중되게 된다.
- [0105] 도 6의 (a)처럼 압전소자 분극을 서로 역전시켜 배치하는 모델은 소자의 두께 비율에 따라 대역폭이 넓어지거나 1차 및 2차 고조파를 동시에 발생시킬 수 있는 특성이 있다. 도 6의 (a)와 같은 분극역전 초음파 변환자에도 제안된 기술이 적용되면, 도 6의 (b)-(d)처럼 다양한 조합의 볼텍스 회전 초음파 빔이 생성될 수 있다. 또한, 도 6의 (d)처럼 구경이 분할된 초음파 변환자에 180도 위상차를 갖는 신호선을 인가하면 축방향으로 분할된 초점 영역이 발생될 수 있다.
- [0106] 물론 그밖에, 도 4 및 도 5의 다중 커브 구조의 압전 소자에도 동일한 원리도 분극 역전 구조가 적용될 수 있다. 이 역시 압전소자를 구성한 서로 다른 곡률의 두 소자 모두 분극 역전 구조로 구현됨으로써 다중 주파수 특성이 다중 초점에서 나타날 수 있다. 예를 들어, 중심의 제1 소자(211)는 분극 역전 구조에 따라 단일이 아닌 두 개의 중심 주파수(예: f1 및 2×f1) 신호가 동시 발생하여 제1 초점 위치에 집중되고 제2 소자(212)에서도 분극 역전 구조에 따라 두 개의 중심 주파수 신호(예: f2 및 2×f2)가 동시 발생하여 제2 초점 위치에 집중될 수 있다.
- [0107] 모든 초음파 변환자를 대상으로 볼텍스 빔을 만들어 내는 경우, 모터나 나선형 렌즈/음향 메타 렌즈, 그리고 위상차에 의한 방법들은 독립적으로도 동작하지만 상호 결합되어 동작될 수 있다. 볼텍스 빔을 발생시키는 방법들 중, 회전 속도를 제어하기 위해서, 모터 속도를 제어하거나, 나선형 패턴을 변형 하거나, 위상차를 균일하게 혹은 비균일하게 변화 되도록 제어할 수 있다.
- [0108] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 초음파 변환자의 구조를 예시적으로 나타낸 도면이다.

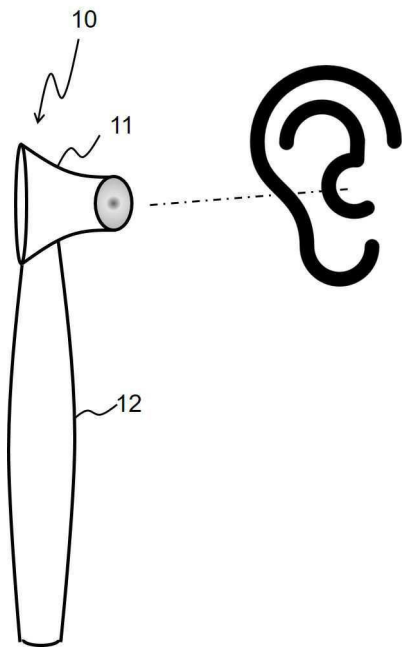
- [0109] 도 7에 나타난 초음파 변환자(300)는 도 3(c)에 나타난 4 분할된 압전소자(110a)에 모터(120a'), 렌즈(120b') 및 강선형 하우징(140; 140a~140c)이 결합된 구조이며, 이때 도 3(c)의 각 분할 소자(111)에 신호를 인가하는 신호 발생기(130)와 신호 위상을 조절하는 위상 조절기(120c)의 구성은 생략되었다.
- [0110] 이러한 도 7은 모터(120a'), 압전소자(110a), 렌즈(120b'), 그리고 강선형(rifling) 하우징(140)을 사용해서 볼텍스 초음파 빔의 회전력 및 빔 패턴을 변경시킬 수 있는 구조를 나타낸다.
- [0111] 압전소자(110a) 후면에 장착된 모터(120a')는 압전소자(110a)를 직접 회전시키며, 압전소자 전방에 배치된 렌즈(120b')는 나선형 렌즈 또는 음향 메타 렌즈로 구현되어 나선 패턴 혹은 형태학적 구조에 따라 빔을 볼텍스 회전시킨다. 렌즈(120b)의 전방에 배치된 강선형 하우징(140)은 렌즈(120b')를 통과한 초음파 빔이 관통하여 출력되는 공간으로 내주면을 따라 나선형의 강선이 형성되어 빔을 회전 유도할 수 있다.
- [0112] 여기서, 강선형 하우징(140)은 총 세 가지 타입으로 구현 가능하며, 길이 방향으로 내경이 일정한 직진형(140b), 전방으로 갈수록 내경이 좁아지는 집속형(140a), 전방으로 갈수록 내경이 넓어지는 방사형(140c) 중 어느 하나의 형태로 구현될 수 있다.
- [0113] 이와 같이, 결합되는 각 요소들의 설계에 따라 볼텍스 초음파 빔이 집속되거나 균일하게 진행하거나 방사형으로 퍼질 수 있으며, 모두 볼텍스 회전에 의한 강한 투과력을 가지고 있다. 도 7에 나타난 기술은 구경이 분할된 압전소자의 구성을 갖는 도 5(c)의 압전소자(210a)에도 상술한 바와 같은 모터(120a'), 렌즈(120b') 및 강선형 하우징(140; 140a~140c)이 결합된 구조가 적용될 수 있다.
- [0114] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 초음파 시스템에 대하여 상세히 설명한다. 도 8 및 도 9에 나타난 초음파 시스템은 구경이 N개로 분할된 압전 소자 즉, 분할 구조의 압전 소자로 이루어진 초음파 변환자 구조를 기반으로 구현되며, N개의 분할 소자에 서로 다른 위상차를 갖는 신호를 인가함으로써 볼텍스 빔 생성이 가능한 구조를 갖는다.
- [0115] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 초음파 시스템의 구조를 예시한 도면이다. 이러한 도 8은 볼텍스 빔을 발생시킬 수 있는 한가지 시스템 예시로서, 다중 커브 구조를 가지고 4개의 분할 소자로 이루어진 초음파 변환자에 이웃한 소자들끼리의 위상차가 90도가 되도록 전기 신호를 인가하는 초음파 시스템의 일례를 나타낸다. 다른 모든 회전 빔 모델도 비슷한 구조를 가질 수 있다.
- [0116] 도 8을 참조하면, 초음파 시스템(400)은 초음파 변환자(210a), 신호 발생기(230), 위상 조절기(220), 그리고 송신 증폭기(240)를 포함한다. 여기서 초음파 변환자(210a)는 중심 압전소자(211) 및 그 주변부에 결합된 주변 압전소자(212)로 이루어지며, 오른쪽 그림과 같이 구경이 N개로 분할된 구조를 갖는다. 이러한 도 8은 앞서 도 5(c)에서 언급한 구조에 기반한 것으로 도 8의 우측에 나타난 구경 평면도와 같이 구경이 4개로 분할된 구조를 예시한다. 여기서, 중심 압전소자(211)는 제1 공진주파수(f1)에서 동작하도록 설계되고 주변 압전소자(212)는 제2 공진주파수(f2)에서 동작하도록 설계된다(f1>f2).
- [0117] 신호 발생기(230)는 서로 다른 중심 주파수가 혼합된 형태의 다중 중심 주파수를 갖는 입력 신호(f1+f2)를 발생시킨다. 신호 발생기(230)는 혼합 신호 발생기에 해당한다. 다중 중심 주파수를 갖는 입력 신호는 중심 및 주변 압전소자(211, 212)에 동시에 인가된다. 여기서 물론 신호 발생기(230)의 동작에 따라 다중 중심 주파수를 갖는 입력 신호(f1+f2)를 중심 압전소자 및 주변 압전소자 중 어느 하나에 선택적으로 인가할 수도 있다.
- [0118] 위상 조절기(220)는 압전소자(210a)의 각 분할 면에 설정 각도(360도/N; 90도) 간격으로 규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호가 인가되도록 신호 발생기(230)에서 발생한 입력 신호의 위상을 조절한다. 여기서 물론 위상 조절에 따라 각 분할 면에 불규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호가 인가되도록 할 수도 있다. 송신 증폭기(240)는 위상 조절기(220)를 통하여 설정 간격으로 위상이 조절된 각각의 입력 신호를 증폭하여 각 분할 면으로 인가한다.
- [0119] 이와 같이, 신호 발생기(230)에서는 소자를 구성하는 다중 소자들의 공진주파수에 해당하는 신호들을 혼합해서 발생시키며, 위상 조절기(220)를 통해 분할 구경 면사이의 위상차를 조정하고 송신 증폭기(240)를 통해 신호를 증폭시킨 뒤 분할된 각각의 변환자에 연결시켜 볼텍스 빔 초음파를 발생시킨다.
- [0120] 이러한 볼텍스 빔 초음파는 달팽이관에 물리적인 자극을 줘서 내액 순환을 도와주거나 청각신경 자극을 통해 청력 장애 개선에도 사용될 수 있다. 한편, 송신신된 초음파 신호는 내이 부분 특히 달팽이관의 팽창 여부를 확인할 수 있도록 B-mode(brightness mode) 영상뿐만 아니라 탄성 신호 및 탄성 영상으로 구현될 수 있다.
- [0121] 이를 위해, 후술하는 도 9에서처럼 수신된 초음파 신호를 증폭시키고 신호 처리기(270)를 통해서 B-mode 및 탄성 영상을 구현할 수 있다. 이때 scan 모드 제어기(250)를 통해 초음파 변환자 구경 방향 대비 타겟의 수직 단

면도를 얻기 위한 B-scan 및 수평 단면도를 얻기 위한 C-scan을 선택할 수 있다. C-scan의 경우 근거리 영상이 가능하므로 표면 B-mode 및 탄성 영상 구현이 가능하다.

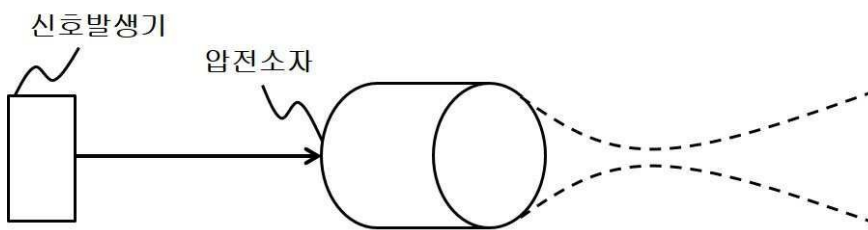
- [0122] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 초음파 영상화 시스템의 구조를 예시한 도면이다.
- [0123] 초음파 영상화 시스템(500)은 귀 내부로 초음파를 송수신하여 영상화하는 시스템으로, 초음파 변환자(210a), 신호 발생기(230), 위상 조절기(220), 모드 제어기(250) 및 신호 처리기(270)를 포함하며, 송신 증폭기(240), 수신 증폭기(260) 및 디스플레이(280)를 더 포함할 수 있다.
- [0124] 초음파 변환자(210a)는 복수의 분할 소자로 이루어진 압전 소자를 포함한다. 도 9는 도 5(c)에 나타난 구경이 4개로 분할되어 4개의 분할 소자로 이루어진 압전 소자를 나타낸다. 물론 도 5(c) 이외에도 도 3(c)와 같은 4분할 구조의 압전소자가 적용되어도 무관하다.
- [0125] 이와 같이, 초음파 영상화 시스템을 위한 초음파 변환자(210a)는 복수의 분할 소자로 이루어진 압전 소자를 포함하고, 압전 소자에 의해 발생한 초음파 신호를 귀 내부의 타겟 부분인 내이 조직으로 송신 후 반사 신호를 수신한다. 즉, 압전 소자는 구경이 분할된 복수의 분할 소자를 갖는다.
- [0126] 여기서, 도 9에 나타난 초음파 변환자(210a)는 도 5(c)와 같이 구경이 4개로 분할된 구조를 가지면서 중심 압전 소자(211)와 주변 압전소자(212)에 의한 다중 커브 구조의 구조를 갖는다. 물론, 도 9의 시스템(500)에 적용되는 초음파 변환자 구조는 반드시 상술한 형태로 한정되지 않으며, 도 3(c)와 같은 형태의 4분할된 압전소자(110a) 구조가 적용되어도 무관하다.
- [0127] 신호 발생기(240)는 입력 신호를 발생시키며, 위상 조절기(220)는 입력 신호의 위상을 조절하여 4개의 분할 소자로 인가하는데, 이때 압전소자(210a)의 각 분할 면에 설정 각도(360도/N; 90도) 간격으로 규칙적인 위상차를 갖는 입력 신호가 인가되도록 신호 발생기(240)에서 발생한 입력 신호의 위상을 조절할 수 있다.
- [0128] 모드 제어기(250)는 초음파 변환자(210a)가 B-scan 모드 및 C-scan 모드에 대응한 방향으로 움직이도록 초음파 변환자(210a)의 움직임을 제어할 수 있다. 예를 들어, 모드 제어기(250)는 B-scan 모드의 경우 측방향과 측방향의 수평 평면에 대해, C-scan 모드의 경우 고도방향과 측방향의 수직 평면에 대해 초음파 변환자(210a)를 이동시키면서 타겟(내이 조직)을 스캔할 수 있다.
- [0129] 수신 증폭기(260)는 반사 신호를 증폭하여 신호 처리기(270)로 전달하고 신호 처리기(270)는 증폭된 반사 신호를 분석하여 귓속의 내이 조직에 대한 B-모드 영상 및 탄성 영상을 산출하고, 이를 디스플레이(280)로 전달할 수 있다.
- [0130] 귀내부의 초음파 탄성 영상은 음향방사력을 기반으로 구현되며, 음향 방사력을 증진 시키기 위하여 도 10과 같은 구조가 사용될 수 있다.
- [0131] 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 초음파 영상화 시스템에 적용되는 분할 구조의 압전 소자를 통한 빔 형성 예시를 설명한 도면이다. 도 10의 (a)는 도 2와 같은 상태의 단일의 압전소자로 이루어진 초음파 변환자를 나타내고, 도 10의 (b)는 도 3의 (c)와 같은 구경이 분할된 압전 소자로 이루어진 초음파 변환자 구조에 기반한 것이다.
- [0132] 초음파 변환자의 구경은 두 개 또는 네 개의 요소로 분할 될 수 있으며, 각 요소는 다양한 위상 및 진폭 조건을 가진 전기 신호에 의해 독립적으로 여기 되어 초점의 발생 패턴을 변경시킬 수 있다.
- [0133] 일례로, 모든 요소에 대한 구동 신호의 위상이 동일한 경우, 도 10의 (a)와 같이 단일 초점이 생성되며, 구동 신호의 위상이 특정 패턴을 가질 경우, 다중 초점이 생성되고, 볼텍스 회전도 가능하게 된다. 이러한 기술은 음향방사력 기반 탄성 영상 구현에 적용되어 해상도를 크게 증가시킬 수 있다.
- [0134] 도 10의 (b)와 같이, 제안된 초음파 변환자의 구경은 다중 초점 초음파를 생성할 수 있는 구형 초점 형상을 갖는 4개의 직사각형 요소로 구성될 수 있다. 푸싱 신호의 경우 각 요소는 90도의 위상차를 갖는 입력 신호들로 활성화될 수 있다. 이 구성은 측면 및 고도방향으로 4개의 독립적인 초점을 생성하거나 볼텍스 회전 빔을 발생시켜 푸싱 신호의 에너지를 크게 증가시킬 수 있다.
- [0135] 도 11은 본 발명의 실시예에서 음향방사력기반 탄성 영상을 획득하는 방법을 설명한 도면이고, 도 12는 B-scan과 C-scan의 개념을 설명한 도면이다.
- [0136] 도 11과 같이, 신호 발생기(230)는 매질의 이동량 측정을 위한 시작점이 되는 기준 신호를 인가하는 제1 구동

도면

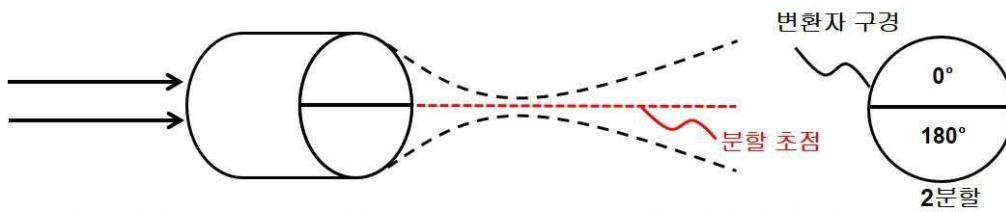
도면1



도면2



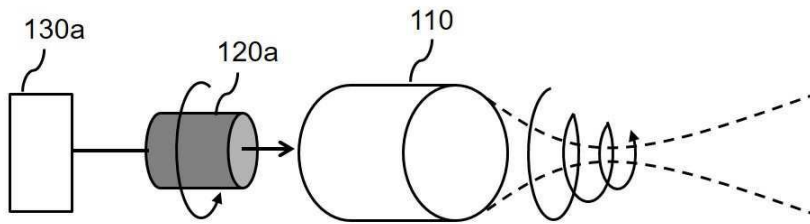
(a) 고정 빔 / 축방향 단일 초점 / 축방향 단일 초점 / 단일 주파수 변환자



(b) 고정 빔 / 축방향 단일 초점 / 축방향 다중 초점 / 단일 주파수 변환자

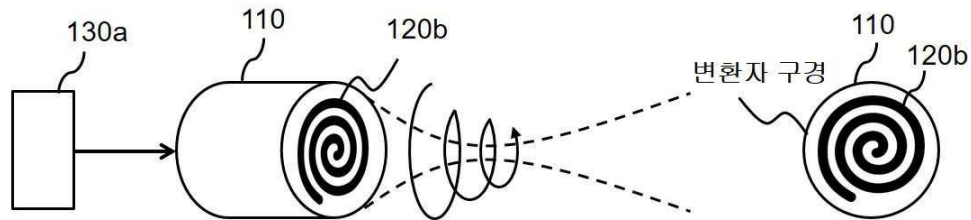
도면3

100-1



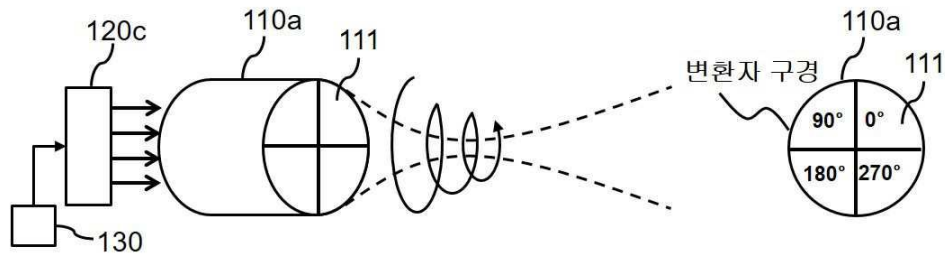
(a) 볼텍스 회전 빔 / 축방향 단일 초점 / 축방향 단일 초점 / 단일 주파수 변환자

100-2



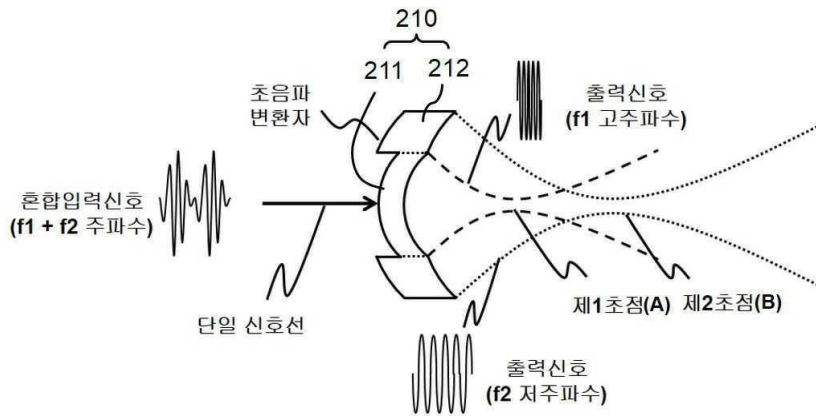
(b) 볼텍스 회전 빔 / 축방향 단일 초점 / 축방향 단일 초점 / 단일 주파수 변환자

100-3

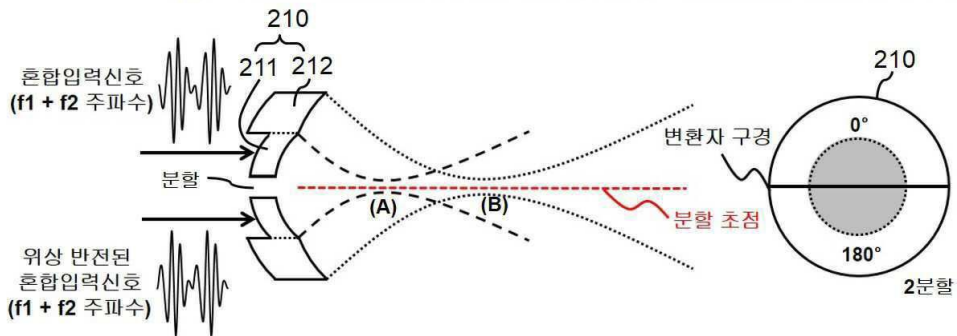


(c) 볼텍스 회전 빔 / 축방향 단일 초점 / 축방향 다중 초점 / 단일 주파수 변환자

도면4

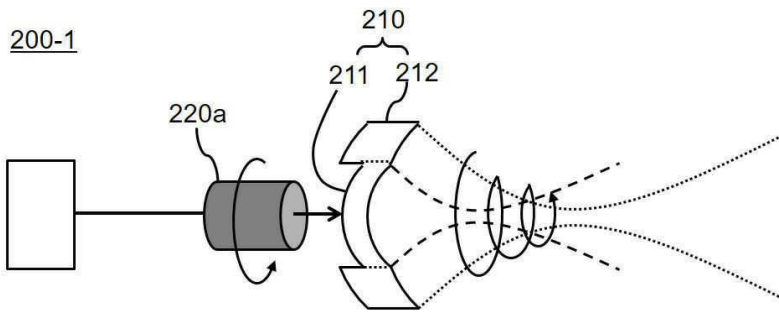


(a) 고정 빔 / 축방향 다중 초점 / 축방향 비분할 초점 / 다중 주파수 변환자

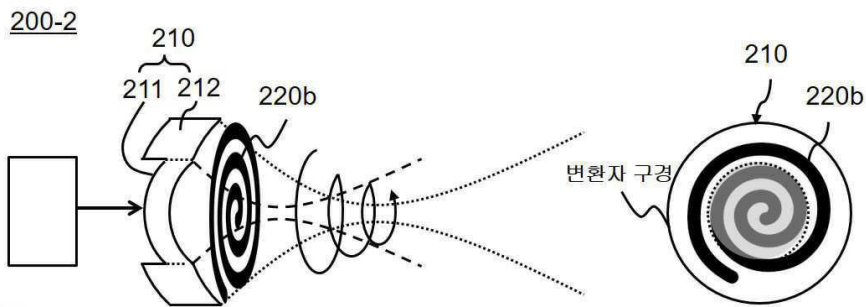


(b) 고정 빔 / 축방향 다중 초점 / 축방향 다중 초점 / 다중 주파수 변환자

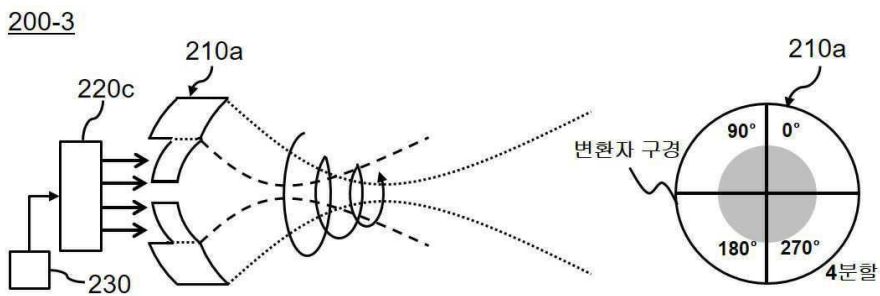
도면5



(a) 볼텍스 회전 빔 / 축방향 다중 초점 / 축방향 단일 초점 / 다중 주파수 변환자

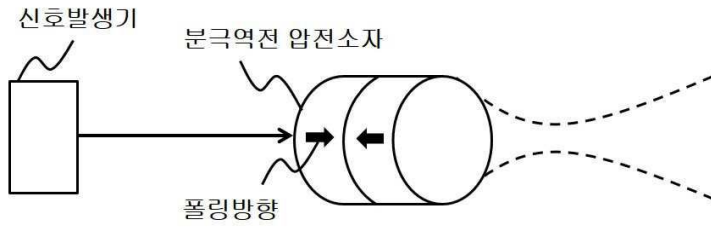


(b) 볼텍스 회전 빔 / 축방향 다중 초점 / 축방향 단일 초점 / 다중 주파수 변환자



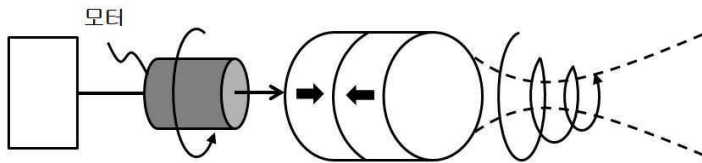
(c) 볼텍스 회전 빔 / 축방향 다중 초점 / 축방향 다중 초점 / 다중 주파수 변환자

도면6



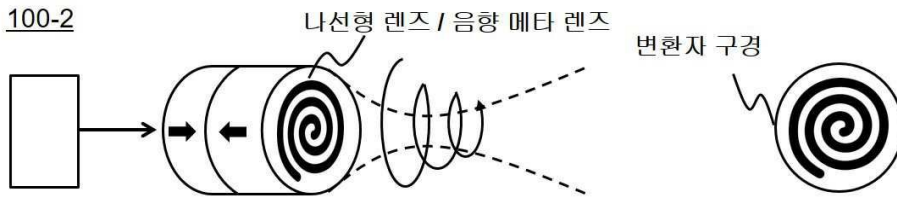
(a) 고정 빔 / 축방향 단일 초점 / 축방향 단일 초점 / 다중 주파수 변환자

100-1



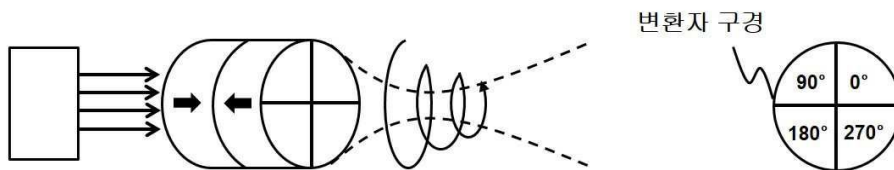
(b) 볼텍스 회전 빔 / 축방향 단일 초점 / 축방향 단일 초점 / 다중 주파수 변환자

100-2



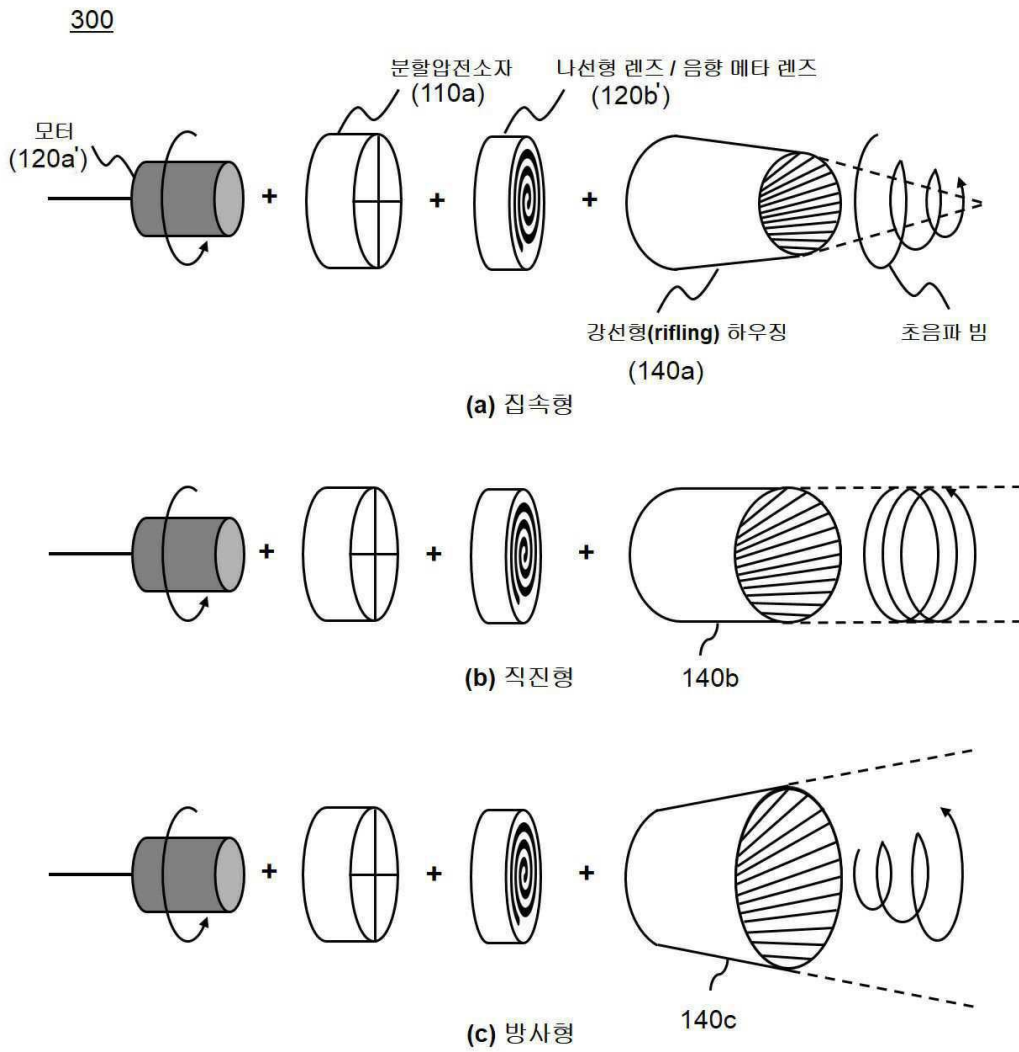
(c) 볼텍스 회전 빔 / 축방향 단일 초점 / 축방향 단일 초점 / 다중 주파수 변환자

100-3

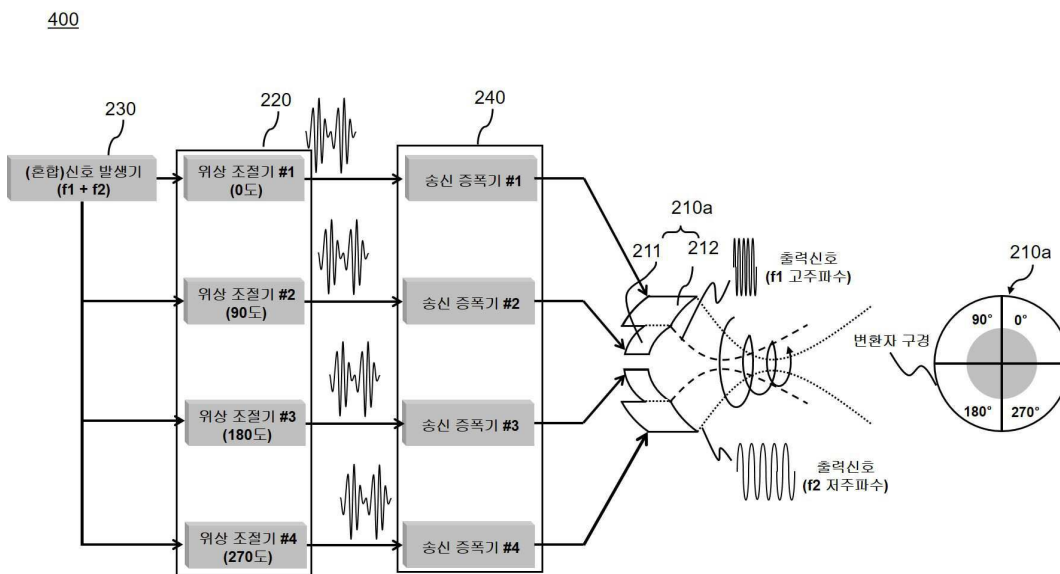


(d) 볼텍스 회전 빔 / 축방향 단일 초점 / 축방향 다중 초점 / 다중 주파수 변환자

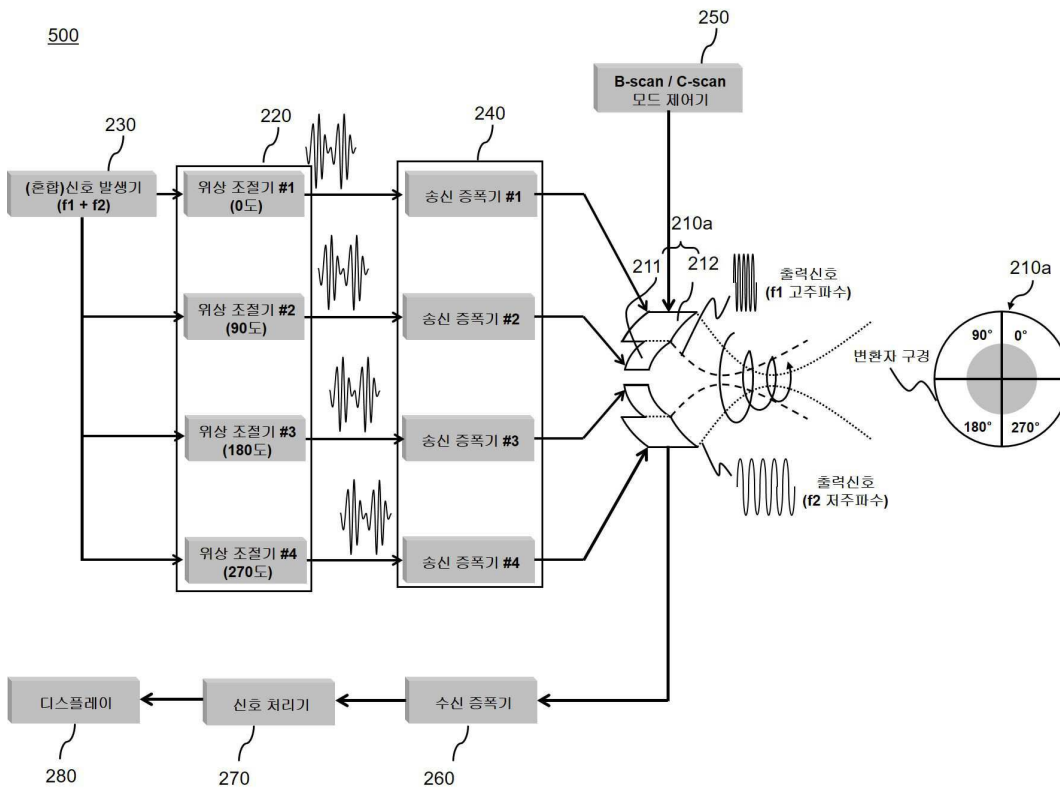
도면7



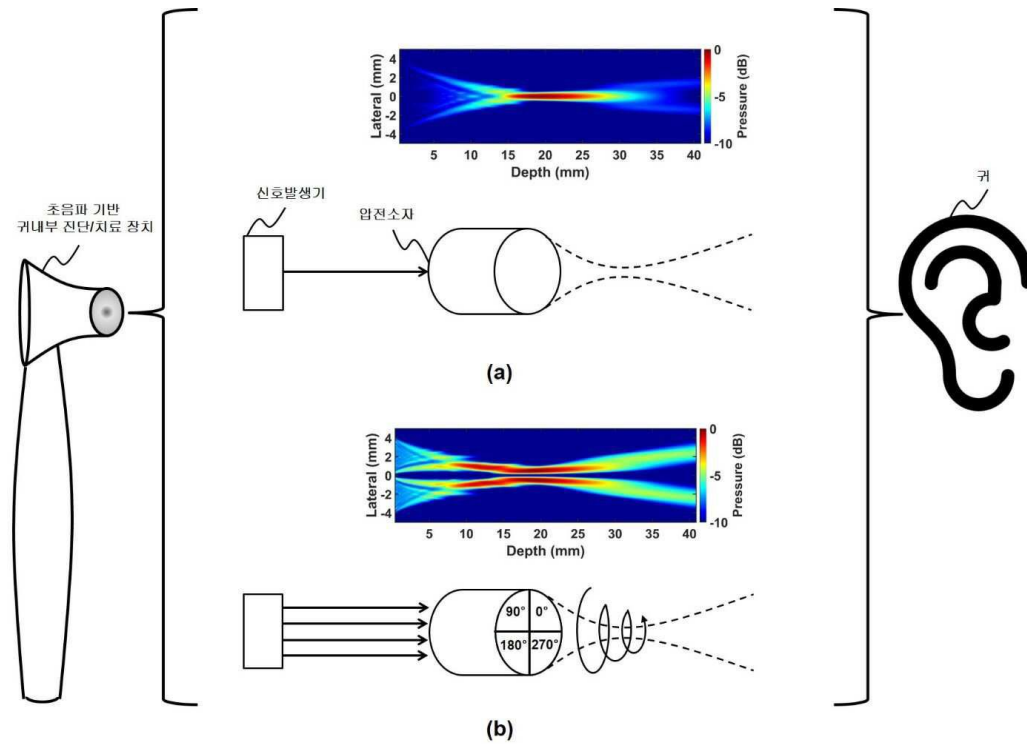
도면8



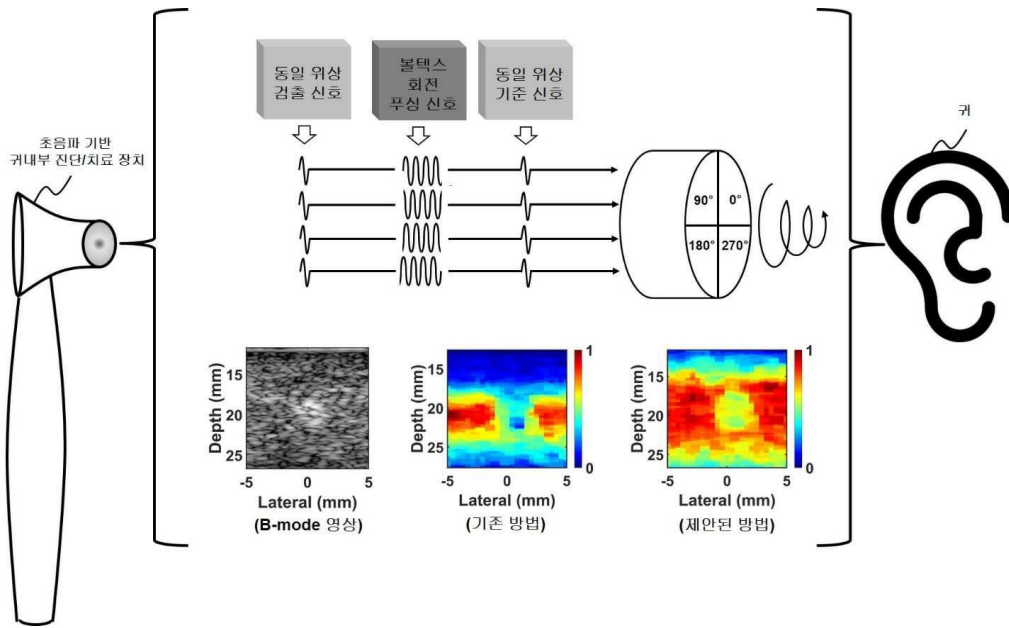
도면9



도면10



도면11



도면12

