



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0051453
(43) 공개일자 2020년05월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B06B 1/02 (2006.01) A61B 8/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B06B 1/0269 (2013.01)
A61B 8/4494 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0047464
(22) 출원일자 2019년04월23일
심사청구일자 2019년04월23일
(30) 우선권주장
1020180134216 2018년11월05일 대한민국(KR)

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)
(72) 발명자
오정환
부산광역시 남구 분포로 111 LG메트로시티1차아파
트 106동 1006호
(74) 대리인
네이트특허법인

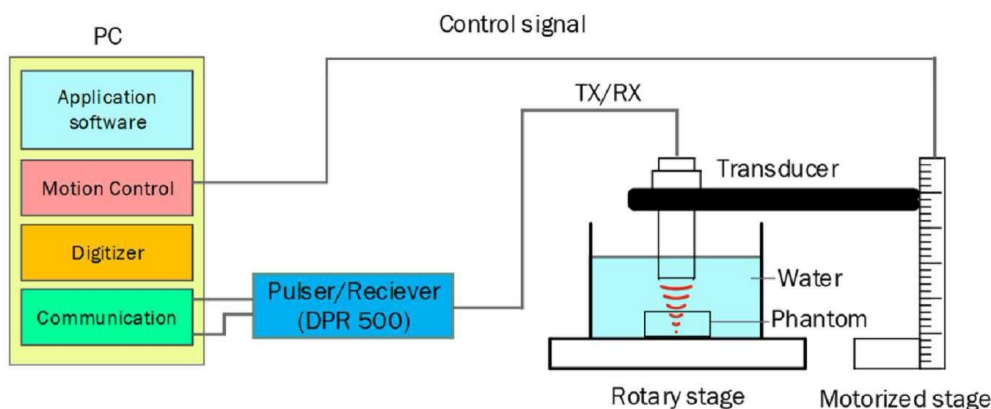
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **고주파 초음파 다초점 트랜스듀서, 그 제조장치, 및 제조방법**

(57) 요약

본 발명은 배열 변환기를 적용하거나 별도의 깊이 방향의 스캔을 수행할 필요 없이 필드의 깊이를 확장할 수 있는 다초점 초음파 트랜스듀서를 제공하는 것을 목적으로 한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 트랜스듀서는, 제1 반지름을 갖는 구의 일부분으로 원형 투사 형상을 갖는 제1 영역; 제1 영역과 연속되며, 제1 반지름과 다른 제2 반지름을 갖는 구의 일부분으로 고리 형상을 갖는 제2 영역을 포함하는 초음파 생성 필름에 의하여 초음파를 생성하는 것으로, 상기 제2 영역의 초점이 상기 제1 영역의 중심으로부터 상기 제1 영역의 초점의 연장선상인 초점 라인에 위치되며, 상기 초음파 생성 필름이 하나의 연속된 필름으로 이루어질 수 있다.

대표도



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20150220

부처명 해양수산부

연구관리전문기관 한국해양과학기술진흥원

연구사업명 해양수산생명공학기술개발

연구과제명 (핵심과제1)해양 융복합 바이오닉스 진단기기 개발

기 여 율 1/1

주관기관 부경대학교 산학협력단

연구기간 2019.01.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

제1 반지름을 갖는 구의 일부분으로 원형 투사 형상을 갖는 제1 영역;

제1 영역과 연속되며, 제1 반지름과 다른 제2 반지름을 갖는 구의 일부분으로 고리 형상을 갖는 제2 영역을 포함하는 초음파 생성 필름에 의하여 초음파를 생성하는 것으로,

상기 제2 영역의 초점이 상기 제1 영역의 중심으로부터 상기 제1 영역의 초점의 연장선상인 초점 라인에 위치되며,

상기 초음파 생성 필름이 하나의 연속된 필름으로 이루어지는 다초점 초음파 트랜스듀서.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 영역과 상기 제2 영역의 면적의 크기가 실질적으로 동일한 다초점 초음파 트랜스듀서.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 영역의 초점에서 상기 제1 영역에 의하여 형성되는 에너지 레벨과 상기 제2 영역의 초점에서 상기 제2 영역에 의하여 형성되는 에너지 레벨이 실질적으로 동일한 다초점 초음파 트랜스듀서.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 영역에 의하여 상기 제1 영역의 제1 초점 주위에 상기 초점 라인을 따라 일정한 에너지 레벨보다 크기가 큰 영역인 제1 초점 영역이 형성되고,

상기 제2 영역에 의하여 상기 제2 영역의 제2 초점 주위에 상기 초점 라인을 따라 일정한 에너지 레벨보다 크기가 큰 영역인 제2 초점 영역이 형성되는 다초점 초음파 트랜스듀서.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 초점 영역과 상기 제2 초점 영역이 일부 중첩 또는 연속되어 형성되는 다초점 초음파 트랜스듀서.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 초음파 생성 필름이,

제2 영역과 연속되며, 제2 반지름과 다른 제3 반지름을 갖는 구의 일부분으로 고리 형상을 갖는 제3 영역을 더 포함하고,

상기 제3 영역의 초점이 상기 제1 영역의 중심으로부터 상기 제1 영역의 초점의 연장선상에 위치되는 다초점 초음파 트랜스듀서.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제2 영역과 상기 제3 영역의 면적이 실질적으로 동일한 다초점 초음파 트랜스듀서.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 제2 영역의 초점에서 상기 제2 영역에 의하여 형성되는 에너지 레벨과 상기 제3 영역의 초점에서 상기 제3 영역에 의하여 형성되는 에너지 레벨이 실질적으로 동일한 다초점 초음파 트랜스듀서.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 제1 영역의 제1 초점과 상기 제2 영역의 제2 초점 사이의 거리와

상기 제2 영역의 제2 초점과 상기 제3 영역의 제3 초점 사이의 거리가 실질적으로 동일한 다초점 초음파 트랜스듀서.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 제1 영역 내지 제3 영역 각각의 초점 주위에 상기 초점 라인을 따라 일정한 에너지 레벨보다 크기가 큰 영역인 각각의 초점 영역이 형성되고,

상기 제1 초점 영역과 상기 제2 초점 영역이 일부 중첩 또는 연속되어 형성되는 다초점 초음파 트랜스듀서.

청구항 11

중공의 실린더 형상의 외부 하우징:

서로 다른 크기의 반지름을 갖는 2 이상의 구형 영역이 연결되어 하나의 일체형 필름으로 이루어지고, 상기 외부 하우징의 일단의 개구부에 오목부가 외부로 향하도록 설치되어 초음파를 생성하는 상기 제1항 내지 제10항 중의 어느 하나의 항의 초음파 생성 필름;

상기 초음파 생성 필름의 오목한 면에 상기 초음파 생성 필름의 오목면의 형상을 따라 형성되는 제1 전극층;

상기 초음파 생성 필름의 볼록한 면에 상기 초음파 생성 필름의 볼록면의 형상을 따라 형성되는 제2 전극층; 및
전원선이 상기 제2 전극층의 볼록면의 볼록부의 끝단부로부터 연장되어 연결되고, 상기 외부 하우징의 다른 일단의 개구부에 체결되는 커넥터;를 구비하는 다초점 초음파 트랜스듀서.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 외부 하우징의 내면에 실린더 형상으로 삽입되어 상기 초음파 생성 필름의 가장자리 부분을 상기 외부 하우징의 일단의 개구부 방향으로 지지하는 내부 하우징을 더 구비하는 다초점 초음파 트랜스듀서.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 외부 하우징의 내부의 상기 초음파 생성 필름의 내측 부분에 비전도성 접착제가 채워지는 다초점 초음파 트랜스듀서.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 외부 하우징의 일단에 상기 외부 하우징의 끝단이 실린더의 중심축 방향으로 연장되는 마감부가 형성되고,

상기 마감부의 내면에 상기 초음파 생성 필름의 가장자리 부분이 접촉되는 다초점 초음파 트랜스듀서.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 마감부의 개구부를 통하여 상기 초음파 생성 필름의 상기 2 이상의 구형 영역이 노출되는 다초점 초음파 트랜스듀서.

청구항 16

중앙부에 원형의 관통홀 또는 오목부가 형성된 베이스 플레이트;

상기 베이스 플레이트 위에 탄성 지지되어 상기 베이스 플레이트 방향으로 가압되는 슬라이드 플레이트;

상기 슬라이드 플레이트의 하면에 설치되어 상기 슬라이드 플레이트와 함께 이동되는 것으로, 상기 관통홀 또는 오목부에 삽입되는 끝단부에 상기 제1항 내지 제10항 중의 어느 하나의 항의 초음파 생성 필름의 서로 다른 크기의 반지름을 갖는 2 이상의 구형 영역에 대응되는 패턴이 형성되는 패턴 틀;

상기 베이스 플레이트의 사각 모서리 부분 각각에 실질적으로 동일한 길이를 가지며 높이 방향으로 길게 배치되는 지지 로드들;

상기 지지 로드들 위에 배치되는 것으로, 상기 관통홀 또는 오목부가 상기 높이 방향으로 연장되는 위치에 관통홀이 형성되는 지지 플레이트; 및

상기 지지 플레이트를 관통하도록 설치되어 끝단을 통하여 상기 슬라이드 플레이트에 가압력을 제공하는 가압 스크루;를 구비하는 다초점 초음파 트랜스듀서의 제조장치.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 가압 스크루와 상기 지지 플레이트 사이에 설치되어

상기 패턴 틀이 상기 패턴 틀과 상기 베이스 플레이트 사이에 배치되는 필름에 가하는 힘을 센싱하는 힘 센서를 더 구비하는 다초점 초음파 트랜스듀서의 제조장치.

청구항 18

제17항의 다초점 초음파 트랜스듀서의 제조 장치에 의한 제조 방법으로서,

상기 패턴 틀과 상기 베이스 플레이트 사이에, 구리 클래드 폴리이미드 필름, PVDF 필름, 및 테프론 필름을 순서대로 적층하는 단계;

상기 가압 스크루를 이용하여 상기 패턴 틀을 상기 적층된 필름들에 구형 패턴을 형성하는 단계;

상기 다초점 초음파 트랜스듀서의 제조장치를 반전시켜 테프론 튜브를 상기 베이스 플레이트의 관통홀에 삽입하고 비전도성 접착제를 상기 테프론 튜브에 주입하는 단계;

구형 패턴이 형성된 적층된 필름들을 설정된 온도로 설정된 시간 가열하는 단계; 및

완성된 상기 초음파 생성 필름을 외부 하우징 내부에 설치하여 조립하는 단계; 를 구비하는 다초점 초음파 트랜스듀서의 제조방법.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 가열 단계가 완료된 적층된 필름을 분리한 후에 상기 테프론 필름을 제거하여 초음파 생성 필름을 얻는 단계;를 더 구비하는 다초점 초음파 트랜스듀서의 제조방법.

청구항 20

제18항에 있어서,

상기 가열하는 단계는 상기 다초점 초음파 트랜스듀서의 제조 장치로부터 상기 필름들이 분리되기 전에 이루어지는 다초점 초음파 트랜스듀서의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 고주파 초음파 다초점 트랜스듀서에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 별도의 깊이 방향의 스캔 없이도 필드의 깊이 또는 깊이 방향 초점 영역을 확장할 수 있는 다초점 초음파 트랜스듀서에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 최근에는 고주파 초음파 변환기(transducer)가 소형 동물에 대한 혈관, 피부 및 안구 영상 등 다양한 생체 의학 분야에 널리 사용되고 있다. 또한 변환기는 혈관 내 초음파 광 영상촬영 방법에서 멀티모드 광섬유와 결합하여 잠재적으로 동맥 경화반 식별을 위한 조직의 광 분포에 대한 공간 및 기능 정보를 제공한다. 높은 품질의 변환기는 필드 깊이 방향으로 더 깊게 초점이 닿을수록 우수하다고 알려져 있다. 따라서 몇몇 연구팀은 보다 효과적인 장치를 만들기 위한 목적으로 변환기를 개발하는데 주력해왔다.
- [0003] 주파수, 초점 길이, 변환기 앞단 및 필드 깊이(DOF, Depth of Field) 또는 초점 영역(focal zone)의 길이를 포함하는 집중 변환기의 매개변수는 최상의 영상 품질을 달성하도록 적절하게 설계되어야 한다. DOF 또는 초점 영역은 가장 선명하게 초점을 맞춘 사운드 빔을 가진 변환기의 일정한 영역으로 정의되며, 최상의 영상 품질을 제공한다. 초음파 영상을 얻기 위해 B-스캔 및 C-스캔 모드라고 하는 스캐닝 방법이 제안되었다. 이 경우 변환기가 x-y 축에 있는 두 개의 모터를 사용하여 대상을 가로질러 이동한다. 대상 영역에 대한 최상의 이미지를 얻기 위해서는 대상 영역이 변환기의 DOF 내에 배치되어야 한다. 그럼에도 불구하고, 이미지의 깊이가 변환기의 DOF 보다 클 때 B-scan 모드에는 문제가 있을 수 있다. 또한, 짧은 DOF는 원거리 필드에 신호 대 잡음 비율(SNR)을 감소시킨다.
- [0004] 한편, 변환기의 DOF를 증가시키는 다양한 방법이 있을 수 있다. 예를 들어 배열 변환기에 기초한 복잡한 영상 획득 방법이 사용될 수 있다. 배열 변환기는 DOF를 최대 6mm까지 증가시키기 위한 이상적인 형상을 가지고 있다고 보고되었지만, 요소의 작은 폭 때문에 복잡한 제작 과정과 보다 정교한 시스템이 필요하다. 또한 배열 변환기의 스캔에서 최종 영상을 얻기 위해 데이터는 개별 전송/수신 쌍에서 획득된다. 그런 다음 디지털 합성 조리개 알고리즘을 수행하여 이미지를 재구성한다.
- [0005] 또한 다른 스캔 방법인 D-스캔 또는 "Depth-scan"은 조직 또는 대상의 서로 다른 깊이에서 영상을 얻기 위한 방법이 있을 수 있다. 기계적 움직임을 기준으로 변환기는 깊이 방향으로 이동하며 짧은 B-스캔은 여러 번 수행된다. 소위 스캔 절차인 "B/D-스캔"의 어려운 과제는 고품질 이미지를 얻기 위해 모든 스캔을 효과적으로 구성해야 한다. 고정 초점 변환기를 사용하면 대상이 포커스 영역 외부에 위치할 때 영상 화질이 크게 저하될 수 있다. 이 문제를 해결하기 위해 영상 화질의 해상도를 크게 높이기 위해 적응형 합성-투과 포커스 기법(SAFT)이 사용될 수 있다. 하지만 이 방법으로는 낮은 신호 대 잡음비(SNR)를 얻는다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 배열 변환기를 적용하거나 별도의 깊이 방향의 스캔을 수행할 필요 없이 필드의 깊이를 확장할 수 있는 다초점 초음파 트랜스듀서를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0007] 또한, 본 발명은 다초점 초음파 트랜스듀서를 정확하고 용이하게 제작할 수 있는 다초점 초음파 트랜스듀서 제조장치 및 제조방법을 제공하는 것을 다른 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 트랜스듀서는, 제1 반지름을 갖는 구의 일부분으로 원형 투사 형상을 갖는 제1 영역; 제1 영역과 연속되며, 제1 반지름과 다른 제2 반지름을 갖는 구의 일부분으로 고리 형상을 갖는 제2 영역을 포함하는 초음파 생성 필름에 의하여 초음파를 생성하는 것으로, 상기 제2 영역의 초점이 상기 제1 영역의 중심으로부터 상기 제1 영역의 초점의 연장선상인 초점 라인에 위치되며, 상기 초음파 생성 필름이 하나의 연속된 필름으로 이루어질 수 있다.

- [0009] 상기 제1 영역과 상기 제2 영역의 면적의 크기가 실질적으로 동일할 수 있다.
- [0010] 상기 제1 영역의 초점에서 상기 제1 영역에 의하여 형성되는 에너지 레벨과 상기 제2 영역의 초점에서 상기 제2 영역에 의하여 형성되는 에너지 레벨이 실질적으로 동일할 수 있다.
- [0011] 상기 제1 영역에 의하여 상기 제1 영역의 제1 초점 주위에 상기 초점 라인을 따라 일정한 에너지 레벨보다 크기가 큰 영역인 제1 초점 영역이 형성되고, 상기 제2 영역에 의하여 상기 제2 영역의 제2 초점 주위에 상기 초점 라인을 따라 일정한 에너지 레벨보다 크기가 큰 영역인 제2 초점 영역이 형성할 수 있다.
- [0012] 상기 제1 초점 영역과 상기 제2 초점 영역이 일부 중첩 또는 연속되어 형성될 수 있다.
- [0013] 상기 초음파 생성 필름이, 제2 영역과 연속되며, 제2 반지름과 다른 제3 반지름을 갖는 구의 일부분으로 고리 형상을 갖는 제3 영역을 더 포함하고, 상기 제3 영역의 초점이 상기 제1 영역의 중심으로부터 상기 제1 영역의 초점의 연장선상에 위치될 수 있다.
- [0014] 상기 제2 영역과 상기 제3 영역의 면적이 실질적으로 동일할 수 있다.
- [0015] 상기 제2 영역의 초점에서 상기 제2 영역에 의하여 형성되는 에너지 레벨과 상기 제3 영역의 초점에서 상기 제3 영역에 의하여 형성되는 에너지 레벨이 실질적으로 동일할 수 있다.
- [0016] 상기 제1 영역의 제1 초점과 상기 제2 영역의 제2 초점 사이의 거리와 상기 제2 영역의 제2 초점과 상기 제3 영역의 제3 초점 사이의 거리가 실질적으로 동일할 수 있다.
- [0017] 상기 제1 영역 내지 제3 영역 각각의 초점 주위에 상기 초점 라인을 따라 일정한 에너지 레벨보다 크기가 큰 영역인 각각의 초점 영역이 형성되고, 상기 제1 초점 영역과 상기 제2 초점 영역이 일부 중첩 또는 연속되어 형성될 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 트랜스듀서는, 중공의 실린더 형상의 외부 하우징: 서로 다른 크기의 반지름을 갖는 2 이상의 구형 영역이 연결되어 하나의 일체형 필름으로 이루어지고, 상기 외부 하우징의 일단의 개구부에 오목부가 외부로 향하도록 설치되어 초음파를 생성하는 상기 초음파 생성 필름; 상기 초음파 생성 필름의 오목한 면에 상기 초음파 생성 필름의 오목면의 형상을 따라 형성되는 제1 전극층; 상기 초음파 생성 필름의 볼록한 면에 상기 초음파 생성 필름의 볼록면의 형상을 따라 형성되는 제2 전극층; 및 전원선이 상기 제2 전극층의 볼록면의 볼록부의 끝단부로부터 연장되어 연결되고, 상기 외부 하우징의 다른 일단의 개구부에 체결되는 커넥터를 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 외부 하우징의 내면에 실린더 형상으로 삽입되어 상기 초음파 생성 필름의 가장자리 부분을 상기 외부 하우징의 일단의 개구부 방향으로 지지하는 내부 하우징을 더 구비할 수 있다.
- [0020] 상기 외부 하우징의 내부의 상기 초음파 생성 필름의 내측 부분에 비전도성 접촉체가 채워질 수 있다.
- [0021] 상기 외부 하우징의 일단에 상기 외부 하우징의 끝단이 실린더의 중심축 방향으로 연장되는 마감부가 형성되고, 상기 마감부의 내면에 상기 초음파 생성 필름의 가장자리 부분이 접촉될 수 있다.
- [0022] 상기 마감부의 개구부를 통하여 상기 초음파 생성 필름의 상기 2 이상의 구형 영역이 노출될 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 트랜스듀서의 제조장치는, 중앙부에 원형의 관통홀 또는 오목부가 형성된 베이스 플레이트; 상기 베이스 플레이트 위에 탄성 지지되어 상기 베이스 플레이트 방향으로 가압되는 슬라이드 플레이트; 상기 슬라이드 플레이트의 하면에 설치되어 상기 슬라이드 플레이트와 함께 이동되는 것으로, 상기 관통홀 또는 오목부에 삽입되는 끝단부에 상기 제1항 내지 제10항 중의 어느 하나의 항의 초음파 생성 필름의 서로 다른 크기의 반지름을 갖는 2 이상의 구형 영역에 대응되는 패턴이 형성되는 패턴 틀; 상기 베이스 플레이트의 사각 모서리 부분 각각에 실질적으로 동일한 길이를 가지며 높이 방향으로 길게 배치되는 지지 로드들: 상기 지지 로드들 위에 배치되는 것으로, 상기 관통홀 또는 오목부가 상기 높이 방향으로 연장되는 위치에 관통홀이 형성되는 지지 플레이트; 및 상기 지지 플레이트를 관통하도록 설치되어 끝단을 통하여 상기 슬라이드 플레이트에 가압력을 제공하는 가압 스크루를 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 가압 스크루와 상기 지지 플레이트 사이에 설치되어 상기 패턴 틀이 상기 패턴 틀과 상기 베이스 플레이트 사이에 배치되는 필름에 가하는 힘을 센싱하는 힘 센서를 더 포함할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 트랜스듀서의 제조 방법은, 상기 다초점 초음파 트랜스듀서의 제조 장치에 의한 제조 방법으로서, 상기 패턴 틀과 상기 베이스 플레이트 사이에, 구리 클래드 폴리이미드 필름,

PVDF 필름, 및 테프론 필름을 순서대로 적층하는 단계; 상기 가압 스크루를 이용하여 상기 패턴 틀을 상기 적층된 필름들에 구형 패턴을 형성하는 단계; 상기 다초점 초음파 트랜스듀서의 제조장치를 반전시켜 테프론 튜브를 상기 베이스 플레이트의 관통홀에 삽입하고 비전도성 접착제를 상기 테프론 튜브에 주입하는 단계; 구형 패턴이 형성된 적층된 필름들을 설정된 온도로 설정된 시간 가열하는 단계; 및 완성된 상기 초음파 생성 필름을 외부 하우징 내부에 설치하여 조립하는 단계를 포함할 수 있다.

[0026] 상기 가열 단계가 완료된 적층된 필름을 분리한 후에 상기 테프론 필름을 제거하여 초음파 생성 필름을 얻는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0027] 상기 가열하는 단계는 상기 다초점 초음파 트랜스듀서의 제조 장치로부터 상기 필름들이 분리되기 전에 이루어질 수 있다.

발명의 효과

[0028] 본 발명의 다초점 초음파 트랜스듀서에 따르면, 배열 변환기를 적용하거나 별도의 깊이 방향의 스캔을 수행할 필요 없이 필드의 깊이를 확장할 수 있다.

[0029] 또한, 본 발명의 다초점 초음파 트랜스듀서 제조장치 및 제조방법에 따르면, 다초점 초음파 트랜스듀서를 정확하고 용이하게 제작할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석 되어서는 아니 된다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 트랜스듀서에서 제1 영역과 나머지 영역 각각에 의한 초음파 펄스-에코 응답과 주파수 스펙트럼을 개략적으로 보여주는 그래프들이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 5개의 구면 영역을 포함하는 다초점 초음파 트랜스듀서의 끝단면과 각각의 구면 영역에 의한 초점을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 3은 도 2의 다초점 초음파 트랜스듀서에서 각각의 초점의 분포와 초점 영역을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 트랜스듀서 제조장치인 프레스 핏 시스템을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 5는 도 2의 다초점 초음파 트랜스듀서의 조립된 상태를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 트랜스듀서를 사용한 측정 실험 장치를 개략적으로 도시한 개념도이다.

도 7은 도 6의 실험 장치에 의하여 측정된 결과를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 8은 도 6의 실험 장치에 의하여 측정된 결과를 개략적으로 도시한 것으로, 시간 영역과 주파수 영역에서의 측정 결과를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 9는 도 6의 실험 장치에 의하여 측정된 결과로서, B-스캔 이미지를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 10은 도 6의 실험 장치에 의하여 측정된 결과로서, C-스캔 이미지를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 트랜스듀서에서 측정된 해상도(resolution)를 개략적으로 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대해서 설명한다. 또한, 이하에 설명하는 실시예는 특허청 구범위에 기재된 본 발명의 내용을 부당하게 한정하지 않으며, 본 발명의 실시예에서 설명되는 구성 전체가 본 발명의 해결 수단으로서 필수적이라고는 할 수 없다. 하나의 실시예에 적용되는 구성요소는 특별한 언급이 없더라도 다른 실시예에서도 적용될 수 있다.

[0032] 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 트랜스듀서(transducer)는 고주파 초음파 애플리케이션을 위한 폴리

비닐리딘 플루오르화물(PVDF) 필름을 기반으로 새로운 다초점 변환기를 제공한다. 즉, 배열 변환기(array transducer)를 적용하거나 D-스캔을 수행할 필요 없이 필드의 깊이를 확장할 수 있는 다초점 초음파 변환기를 제공한다. 기존 변환기와는 달리, 제안된 다초점 초음파 변환기는 음영 펄스를 받을 때 축 방향에서 동시에 다중 국소 점을 생성할 수 있다.

[0033] 본 발명에서는 PVDF 기반 다중 국소 포인트의 광대역 다초점 초음파 변환기의 설계, 제작 및 평가가 제시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 변환기의 효과를 입증하기 위하여, 단초점 변환기와 다중 초점 변환기의 두 가지 유형의 변환기를 펄스 반향 응답 방법을 사용하여 와이어 팬텀 실험을 통하여 테스트 하여 그 결과를 비교 분석하였다.

[0034] 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 트랜스듀서에서는 입력되는 전원에 따라 초음파를 발생시키는 초음파 생성 필름이 사용될 수 있다. 이때, 초음파 생성 필름은 깊이 방향으로 다중 초점을 형성할 수 있도록 하는 표면의 형상을 갖는다. 서로 다른 크기의 반지름을 갖는 2 이상의 구형 영역이 연결되어 하나의 일체형 필름으로 이루어질 수 있다.

[0035] 초음파 생성 필름으로는 PZT(lead zirconate titanate), PMN-PT(lead niobiumzine zirconate titanate), LiNbO₃, ZnO, PVDF(polyvinylidene fluoride) 필름과 같은 일부 피에조 전기재료가 초음파 용도에 따라 광범위하게 조사되었다. 이때, 전기기계 연결 계수, 음향 임피던스, 유전 상수, 압전 계수 및 음속 등의 특성이 검토되었다.

[0036] 다초점 초음파 트랜스듀서에서는, 초음파 생성 필름의 소재로서 PVDF(폴리비닐리딘 플루오르화물)가 적용될 수 있다. PVDF 필름의 음향 임피던스(4 MRayl 이하)는 피에조 세라믹 및 크리스탈 소재보다 낮지만 기계적 유연성이 탁월해 곡선 형태로 누르기가 가장 쉽다. PVDF의 대표적인 특성은 표 1에 나와 있다. PVDF 필름의 삽입 손실이 상대적으로 높은 반면, 그 음향 임피던스는 PZT 및 LiNbO₃ 재료보다 인체 조직과 더 쉽게 일치하기 때문에 레이어가 일치할 필요가 없다. 또한 PVDF는 위에서 언급한 재료 중에서 가장 넓은 대역폭을 가지며, 고분해능 초음파 영상을 생성하는 데 사용할 수 있다. 표 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 생성 필름의 PVDF 필름의 특성이다.

표 1

Property	Value
Electromechanical coupling coefficient (K_t)	0.12-0.15
Molecular formula	(CH ₂ CF ₂)
Relative clamped dielectric constant(ϵ^s / ϵ_0)	11
Mechanical quality factor (Q_m)	~20
Density (kg/m ³)	1800
Longitudinal wave velocity (m/s)	2110
Acoustic impedance (MRayl)	3.9
Curie temperature (°C)	100
Melting temperature (°C)	160~180

[0038] 본 발명에서는 측정되는 대상물의 깊이 방향으로 집중된 변환기(focused transducer)의 초점 영역을 확장하기 위하여, 초점 영역에 영향을 미치는 다양한 매개변수를 결정하는 것이 필요하다. PVDF를 초음파 생성 필름으로 사용하는 다초점 초음파 변환기의 파라미터가 KLM(Kritholz-Leedom-Matthaei) 모델 기반 시뮬레이터를 사용하여 설계되었다. 이때, 초점 영역은 집중 변환기를 위해 설계되었다. 초점 영역의 길이는 다초점 변환기를 위해 적절히 구성될 수 있다. 그 후에 다초점 변환기의 프로필이 결정된다. 집중 변환기의 파라미터는 $f\# = R/D$, $N = (D^2 * f_c) / 4c$, $SF = R/N$, $Fz = N * SF^2 * 2 / (1+SF/2)$, $\delta L = 1.02c * f\#/f_c$, $\delta A = SPL / 2$ 의 관계식과 같이 결정될 수 있다.

[0039] 여기서, R은 변환기의 초점 길이이며, D는 변환기 앞단 지름, f#은 f-숫자, c는 부하 매체에서 소리의 속도, f_c는 변환기의 중심 주파수이며, δL 은 변환기의 축방향 분해능이며, δA 는 축방향 분해능이며, SPL은 공간 파장 길이, N은 변환기의 공간 펄스 길이, N은 변환기의 니어 필드(Near Field), SF는 노멀라이즈드 초점 길이, Fz은 변환기의 초점 영역이다.

- [0040] 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 트랜스듀서는 초음파를 생성하는 초음파 생성 필름을 구비하고, 초음파 생성 필름은 각각 서로 다른 반지름의 구형 형상이 연속된 하나의 필름으로 이루어질 수 있다. 이때, 초음파 생성 필름은 제1 영역과 제2 영역을 포함하고, 제1 영역은 제1 반지름을 갖는 구의 일부분으로 원형 투사 형상을 가질 수 있다. 제2 영역은 제1 영역과 연속되며, 제1 반지름과 다른 제2 반지름을 갖는 구의 일부분으로 고리 형상을 가질 수 있다.
- [0041] 따라서, 하나의 연속된 필름에 의하여 이루어지는 초음파 생성 필름에 의하여 복수의 초점이 형성될 수 있다. 이때, 복수의 초점이 측정 대상물의 깊이 방향으로 배열되어 초점 영역이 그 깊이 방향으로 연장될 수 있다.
- [0042] 이때, 제2 영역의 초점이 제1 영역의 중심으로부터 제1 영역의 초점의 연장선상인 초점 라인에 위치될 수 있다. 그에 따라, 동일한 형상 조건 하에 초점 영역이 측정 대상물의 깊이 방향으로 깊이 연장될 수 있게 된다.
- [0043] 이때, 제1 영역과 제2 영역은 면적의 크기가 실질적으로 동일할 수 있다. 이 경우, 제1 영역의 초점에서 제1 영역에 의하여 형성되는 에너지 레벨과 제2 영역의 초점에서 제2 영역에 의하여 형성되는 에너지 레벨이 실질적으로 동일하게 되도록 다양한 설계 변수들이 설계될 수 있다.
- [0044] 이 경우, 제1 영역에 의하여 제1 영역의 제1 초점 주위에 초점 라인을 따라 일정한 에너지 레벨보다 크기가 큰 영역인 제1 초점 영역이 형성되고, 제2 영역에 의하여 제2 영역의 제2 초점 주위에 초점 라인을 따라 일정한 에너지 레벨보다 크기가 큰 영역인 제2 초점 영역이 형성될 수 있다. 이때, 제1 초점 영역과 제2 초점 영역이 일부 중첩 또는 연속되어 형성될 수 있다.
- [0045] 이때, 다초점 초음파 트랜스듀서는 서로 다른 구형 지름을 가져 깊이 방향으로 배열되는 초점을 갖는 2개의 영역을 포함할 수 있다.
- [0046] 다른 실시예로서, 초음파 생성 필름은 제2 영역과 연속되며, 제2 반지름과 다른 또는 더 큰 제3 반지름을 갖는 구의 일부분으로 고리 형상을 갖는 제3 영역을 더 포함할 수 있다. 이때, 제2 영역의 초점에서 제2 영역에 의하여 형성되는 에너지 레벨과 제3 영역의 초점에서 제3 영역에 의하여 형성되는 에너지 레벨이 실질적으로 동일할 수 있다.
- [0047] 제1 영역 내지 제3 영역 각각의 초점 주위에 초점 라인을 따라 일정한 에너지 레벨보다 크기가 큰 영역인 각각의 초점 영역이 형성되고, 제1 초점 영역과 제2 초점 영역이 일부 중첩 또는 연속되어 형성될 수 있다.
- [0048] 이때, 제1 영역의 제1 초점과 제2 영역의 제2 초점 사이의 거리와 제2 영역의 제2 초점과 제3 영역의 제3 초점 사이의 거리가 실질적으로 동일할 수 있다.
- [0049] 다만, 본 발명은 이에 한정되지 아니하고, 초음파 생성 필름이 연장되는 동일한 초점 라인 상에 존재하는 각각의 초점을 갖는 3개 또는 그 이상 예를 들어 5개 또는 7개의 구형 영역을 가져 깊이 방향으로 연장된 초점 영역을 가질 수 있다. 한편, 도 2 및 도 3에 도시된 실시예에서는 5개의 구형 영역(S1~S5)공통의 초점 라인 상에 일정한 간격(b)으로 이격된 5개의 초점(A1~A5)에 의하여 확장된 초점 영역(Fz)을 갖는다.
- [0050] 이때, 제1 영역(S1)은 제1 반지름(R1)을 갖는 구의 일부분으로 원형 투사 형상을 가지는 영역이 될 수 있으며, 제2 영역(S2)과 그 다음에 배치되는 영역(S3~S5)은 각각 점점 더 커지는 반지름(R2~R5) 구의 일부분으로 고리 형상을 가질 수 있다. 또한, 제2 영역 내지 제5 영역(S2~S5)의 면적이 실질적으로 동일하고, 각각의 초점들(A1~A5) 사이의 거리가 일정하도록 설계할 수 있다. 이때, 각각의 초점(A1~A5)에서 형성되는 초점 영역(Fz)일부 중첩되도록 설계하여 초점 라인 상에서 에너지 레벨의 크기 편차를 줄일 수 있다.
- [0051] 도 1에는 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 트랜스듀서에서 제1 영역과 나머지 영역 각각에 의한 초음파 펄스-에코 응답과 주파수 스펙트럼을 개략적으로 보여주는 그래프들이 도시되어 있다. 도면에 도시된 그래프는 PVDF 초음파 생성 필름을 사용하여 50MHz 초음파에 의한 펄스-에코 응답(실선)과 그들의 주파수 스펙트럼(점선)의 시뮬레이션 결과로서, (a)는 단초점 트랜스듀서에 의한 것이고, (b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 트랜스듀서에 의한 제2 영역의 시뮬레이션 결과이다. 제1 영역의 경우는 도면의 단초점 트랜스듀서에 의한 시뮬레이션 결과와 유사하고, 제3 영역 이상의 영역에서는 제2 영역의 시뮬레이션 결과와 유사한 결과를 보여준다.
- [0052] 이때, 도 1은 바이오소노(BioSono) KLM(Krimholtz-Leedom-Matthaei) 시뮬레이션 결과를 보여준다. 단초점 변환기의 중심 주파수와 -6dB 대역폭은 각각 50MHz와 66%로 예상되고 다초점 변환기의 주파수는 50MHz와 68%로 설계되었다. 집중 변환기의 파라미터 관계식에서, 50 MHz의 중심 주파수에서 단초점 변환기의 초점 길이는 10 mm, 간극 직경은 9 mm, 물에서의 확산 속도는 1540 m/s이다. 초점 영역은 0.41mm로, 측면 분해능은 47 μ m이다. 이

초점 영역을 효과적으로 확장하기 위해 다양한 초점 영역을 가진 다초점 변환기가 적용되었다. 이러한 초점 영역은 약간 중첩되어 계속 초점 깊이를 생성할 수 있다.

[0053] 초점 영역을 4.3mm까지 확장하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 생성 필름은 5개 초점으로 다초점 변환기가 설계되었다. 이러한 초점들은 축 방향에 1 mm ($b = 1 \text{ mm}$) 간격으로 분포되었다. 다초점 변환기의 전면은 동일한 면적의 5개 부분으로 나뉘었다. 각 부분은 각각 반경 R_i 와 높이 H_i 의 구면 표면으로 구성되었다. 도 2는 다구면 프로파일의 구조를 나타낸다.

[0054] 도 2에는 본 발명의 일 실시예에 따라 동일한 면적을 갖는 5개의 다른 구면 영역을 포함하는 다초점 초음파 트랜스듀서의 끝단면과 각각의 구면 영역에 의한 초점의 분포가 개략적으로 도시되어 있다. 도 3에는 도 2의 다초점 초음파 트랜스듀서에서 각각의 초점의 분포와 초점 영역을 개략적으로 도시되어 있다.

[0055] 각각의 초점 영역 내에 위치되는 점 $P(x_i, z_i)$ 에서는 원하는 품질의 이미지를 얻을 수 있게 된다. 이때, x_i 는 X축 상의 거리를 나타내고, z_i 는 점 P의 Z축 상의 깊이를 나타낸다.

[0056] 다초점 변환기의 표면 파라미터는 다음과 같이 정의될 수 있다.

[0057] 각 영역의 구의 반지름(초점 길이): $R_1 = A_1N_0 = A_1K_1$, $R_2 = A_2K_2 = A_2K_1$, $R_3 = A_3K_3 = A_3K_2$, $R_4 = A_4K_4 = A_4K_3$, $R_5 = A_5K_5 = A_5K_4$.

[0058] 각 영역의 개구 지름: $D_i = 2NiK_i = 2R_i \sin \alpha_i$, $i=1$ to 5.

[0059] 각각의 구형 부분의 높이: $h_i = NiNi-1$, where, $i=1$ to 5.

[0060] 각각의 초점 사이의 거리: $A_iA_{i+1}=b$, $i=1$ to 4.

[0061] 매개변수의 값은 다음과 같이 선택될 수 있다.

[0062] $R_1 = 10 \text{ mm}$, $b=1 \text{ mm}$, $D_1=4 \text{ mm}$, $R_1 = 10 \text{ mm}$, $R_2 = 10.98 \text{ mm}$, $R_3 = 11.95 \text{ mm}$, $R_4 = 19.91 \text{ mm}$, $R_5 = 13.86 \text{ mm}$, $D_1 = 4 \text{ mm}$, $D_2 = 5.62 \text{ mm}$, $D_3 = 6.88 \text{ mm}$, $D_4 = 7.92 \text{ mm}$, $D_5 = 8.84 \text{ mm}$, $h_1 = 0.2 \text{ mm}$, $h_2 = 0.18 \text{ mm}$, $h_3 = 0.16 \text{ mm}$, $h_4 = 0.15 \text{ mm}$, $h_5 = 0.14 \text{ mm}$, $\alpha_1 = 11.53^\circ$, $\alpha_2 = 14.86^\circ$, $\alpha_3 = 16.73^\circ$, $\alpha_4 = 17.87^\circ$, $\alpha_5 = 18.59^\circ$

[0063] 다초점 변환기의 초점 길이는 연결된 여러 초점 영역에 의해 확장될 수 있다. 이 초점들은 초점 주변의 많은 다른 구들에 의해 생성되었다. 각 구면 모양은 도 3의 (a)와 같이 하나의 초점에 기여한다. 다초점 변환기는 X축을 따라 이동하여 데이터를 얻을 수 있습니다. $P(x_i, z_i)$ 지점이 S_i 구의 음향 필드에 위치할 경우(S_i 는 part i , $i=1-5$ 라고 함), 검출된 신호는 A_i 초점에 기여해야 한다. S_i 의 초점거리는 R_i 이다. 다초점 구의 각 부분은 각 초점 영역에서 신호를 검출할 수 있으며, 이는 도 3의 (b)에 설명되어 있다. 예를 들어, 영역 i 는 초점 영역 F_{zi} 에서 신호를 감지할 수 있습니다. 초점 영역 F_{zi} 의 A_i 지점 주변에 위치한 개체가 최상의 이미지를 획득합니다. 초점 영역 외부에 위치한 대상에 상대적으로 흐릿한 이미지가 표시될 수 있다.

[0064] 제1 영역(S_1)은 $z_i > R_1$ 이 있는 지점 P에서 양호한 이미지를 캡처하기 어려울 수 있다. 결과적으로, 다른 구들은 이미지의 긴 깊이에 대한 좋은 이미지를 얻기 위해 서로 다른 초점 깊이로 설계되었다. 이 변환기의 총 초점 길이(F_z)는 모든 개별 초점 영역 구성요소(F_{zi})의 합계가 될 수 있다. 인접 초점 사이의 간격을 피하기 위해 각 초점 영역과 두 초점 사이의 거리를 신중하게 계산했다.

[0065] 도 3의 (b)의 각 초점 매개변수는 집중 변환기의 파라미터 관계식을 사용하여 계산되었고 표 2에 표시된 바와 같다. 따라서 다초점 변환기의 총 필드 깊이는 초점 영역(4.3 mm)의 합계가 된다. 이 값은 4.3mm보다 작거나 같은 깊이의 대상을 배치하면 변환기가 이 물체로부터 긴 깊이의 양호한 이미지를 얻을 수 있음을 나타낸다.

[0066] 표 2는 5개의 초점, 2개의 초점 사이의 거리가 $b=1\text{mm}$, 각 부분의 중심 주파수는 $f_c = 50\text{MHz}$ 인 MFP 변환기의 추정 파라미터이다.

표 2

	1 st focal point		2 nd focal point		3 rd focal point		4 th focal point		5 th focal point	
	$R_1(\text{mm})$	$D_1(\text{mm})$	$R_2(\text{mm})$	$D_2(\text{mm})$	$R_3(\text{mm})$	$D_3(\text{mm})$	$R_4(\text{mm})$	$D_4(\text{mm})$	$R_5(\text{mm})$	$D_5(\text{mm})$
	10	4	10.98	5.62	11.95	6.88	12.91	7.92	13.86	8.84
$f_{\#i}$	2.5		1.94		1.73		1.62		1.56	

f_{zi}	1.48 mm	0.91 mm	0.73 mm	0.64 mm	0.58 mm
----------	---------	---------	---------	---------	---------

- [0068] 도 4에는 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 트랜스듀서 제조장치인 프레스 핏 시스템이 도시되어 있다. (a)는 다초점 트랜스듀서의 초음파 생성 필름을 제조하기 위한 프레스 핏 시스템의 사시도이고, (b)는 (a)에 따라 제작되어 사용된 실제 프레스 핏 시스템의 사진이다. (c)는 프레스 핏 시스템의 각각의 구성요소를 보여주는 분리 사시도로서, 각각의 구성요소는 베이스 플레이트(BP)/지지 로드(Rd1)/스크루(SC1)와 테프론(T)/PVDF 필름(PVDF)/구리 클래드 폴리이미드(CCP)와 가압 플레이트(PP)/스크루(SC2)와 탄성부재로서의 스프링(ESP)과 다초점 패턴 틀(MSP)과 슬라이드 플레이트(SP)/로드(Rd2)와 힘 센서(SF)/지지 플레이트(STP)와 탑 플레이트(TP)/스크루(SC3)와 가압 스크루(FS)를 나타낸다. (d)는 끝단부에 초음파 생성 필름 형성을 위하여 5개의 구면 영역을 포함하는 패턴 틀(MSP)을 나타낸다. (e)는 패턴 틀(MSP)의 사진이다.
- [0069] 이처럼 다초점 초음파 트랜스듀서 제조장치는 베이스 플레이트(BP); 슬라이드 플레이트(SP); 다초점 패턴 틀(MSP); 지지 로드(Rd1); 지지 플레이트(STP); 및 가압 스크루(FS)를 포함할 수 있다.
- [0070] 베이스 플레이트(BP)는 중앙부에 다초점 패턴 틀(MSP)의 끝단부 즉 패턴부가 수용될 수 있는 원형의 관통홀 또는 오목부가 형성될 수 있다. 슬라이드 플레이트(SP)는 베이스 플레이트(BP) 위에 탄성 지지되어 베이스 플레이트(BP) 방향으로 가압될 수 있다. 다초점 패턴 틀(MSP)은 슬라이드 플레이트(SP)의 하면에 설치되어 슬라이드 플레이트(SP)와 함께 이동되는 것으로, 베이스 플레이트(BP)의 관통홀 또는 오목부에 삽입되는 끝단부에 초음파 생성 필름(12)의 서로 다른 크기의 반지름을 갖는 2 이상의 구형 영역에 대응되는 패턴이 형성될 수 있다.
- [0071] 지지 로드(Rd1)는 베이스 플레이트(BP)의 사각 모서리 부분 각각에 4개가 실질적으로 동일한 길이를 가지며 높이 방향으로 길게 배치될 수 있다. 지지 플레이트(STP)는 지지 로드들(Rd1) 위에 배치되는 것으로, 관통홀 또는 오목부가 높이 방향으로 연장되는 위치에 관통홀이 형성될 수 있다. 가압 스크루(FS)는 지지 플레이트(STP)를 관통하도록 설치되어 끝단을 통하여 슬라이드 플레이트(SP)에 가압력을 제공할 수 있다.
- [0072] 이때, 슬라이드 플레이트(SP)는 베이스 플레이트(BP) 위에 4개의 로드들(Rd2)에 의하여 지지되며, 로드들(Rd2)과 베이스 플레이트(BP) 사이에는 스프링(ESP)에 의하여 탄성 지지될 수 있다.
- [0073] 힘 센서(SF)는 가압 스크루(FS)와 지지 플레이트(STP) 사이에 설치되어 패턴 틀(MSP)이 패턴 틀(MSP)과 베이스 플레이트(BP) 사이에 배치되는 필름에 가하는 힘을 센싱할 수 있다.
- [0074] 한편, 지지 플레이트(STP) 위에는 상단 플레이트(TP)가 스크루(SC3)로 지지 로드들(Rd1) 위에 설치되어 전체적인 프레스 핏 시스템을 지지할 수 있다.
- [0075] 도 5에는 도 4의 제조 장치에 의하여 제조된 초음파 생성 필름을 포함하는 다초점 초음파 트랜스듀서의 조립된 상태가 개략적으로 도시되어 있다. (a)에는 다초점 트랜스듀서를 길이방향으로 자른 도면이 도시되어 있으며, 그 일부가 확대되어 있다. (b)에는 (a)의 초음파 트랜스듀서의 사진이 도시되어 있다.
- [0076] 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 트랜스듀서는 하우징(11); 초음파 생성 필름(12); 제1 전극층(13); 제2 전극층(14); 및 커넥터(18)를 포함할 수 있다.
- [0077] 하우징(11)은 중공의 실린더 형상을 가지고 초음파 생성 필름(12)을 포함한 다른 구성요소들을 지지한다. 초음파 생성 필름(12)은 서로 다른 크기의 반지름을 갖는 2 이상의 구형 영역이 연결되어 하나의 일체형 필름으로 이루어지고, 하우징(11)의 일단의 개구부에 오목부가 외부로 향하도록 설치되어 초음파를 생성한다.
- [0078] 제1 전극층(13)은 초음파 생성 필름(12)의 오목한 면에 초음파 생성 필름(12)의 오목면의 형상을 따라 형성된다. 제2 전극층(14)은 초음파 생성 필름(12)의 볼록한 면에 초음파 생성 필름(12)의 볼록면의 형상을 따라 형성된다. 커넥터(18)는 전원선(16)이 제2 전극층(14)의 볼록면의 볼록부의 끝단부로부터 연장되어 연결되고, 하우징(11)의 다른 일단의 개구부에 체결된다.
- [0079] 제1 전극층(13)과 제2 전극층(14)은 전원선(16)을 통하여 공급되는 전원을 초음파 생성 필름(12)에 인가하여 초음파가 생성될 수 있도록 하며, 대상물로부터 되돌아오는 에너지를 초음파 생성 필름(12)을 통하여 입력받아 전원선(16)을 통하여 외부로 출력하여 그 신호로부터 이미지를 인식할 수 있도록 한다.
- [0080] 하우징(11)은 외부 하우징과 내부 하우징을 포함하고, 외부 하우징은 중공의 실린더 형상을 가지고 초음파 생성 필름(12)을 포함한 다른 구성요소들을 지지한다. 내부 하우징은 외부 하우징의 내면에 실린더 형상으로 삽입되

어 상기 초음파 생성 필름(12)의 가장자리 부분을 외부 하우징의 일단의 개구부 방향으로 지지한다.

- [0081] 제1 전극층(13)은 금 및/또는 크롬을 포함하여 이루어지고, 제2 전극층(14)은 구리 클래드 폴리이미드를 포함하여 이루어질 수 있다. 초음파 생성 필름(12)은 PVDF를 포함하여 이루어지는 PVDF 필름이 될 수 있다.
- [0082] 또한, 외부 하우징의 내부의 초음파 생성 필름(12)의 내측 부분에 비전도성 접착제가 채워질 수 있다. 이때, 비전도성 접착제는 에폭시를 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0083] 외부 하우징의 일단에 외부 하우징의 끝단이 실린더의 중심축 방향으로 연장되는 마감부가 형성되고, 마감부의 내면에 초음파 생성 필름의 가장자리 부분이 접촉되어 지지될 수 있다. 이때, 마감부의 개구부를 통하여 초음파 생성 필름(12)의 구형 영역이 노출될 수 있다. 이때, 초음파 생성 필름(12)의 초음파가 출력되는 구형 영역만 마감부의 개구부를 통하여 외부로 노출되고 나머지 부분은 마감부에 의하여 가려질 수 있다. 또한, 마감부의 외측에는 파릴렌(parylene)과 같은 성분이 도포되어 초음파 로스를 줄여주는 임피던스 매칭부가 형성될 수 있다.
- [0084] 다초점 변환기의 장점을 입증하기 위해 단초점 변환기와 다초점 변환기 두 가지 유형의 9 μ m PVDF 초점 변환기가 프레스 핏 장치를 사용하여 설계 및 제작되었다. 이때, 단초점 변환기는 활성 요소의 단일 구면 모양에 대해 반경 10mm를 형성하는 강철 볼 베어링을 사용하여 프레스 핏 장치를 이용하여 제작되었다.
- [0085] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 트랜스듀서의 제조 방법은 제조 장치(도 4)에 의하여 트랜스듀서를 제조하는 방법으로서, 적층 단계; 필름 패턴 형성단계; 접착제 주입단계; 가열 단계; 및 조립 단계를 포함할 수 있다.
- [0086] 적층 단계에는 패턴 틀(MSP)과 베이스 플레이트(BP) 사이에, 구리 클래드 폴리이미드 필름(CCP), PVDF 필름(PVDF), 및 테프론 필름(T)을 순서대로 적층할 수 있다. 필름 패턴 형성단계에는 가압 스크루(FS)를 이용하여 패턴 틀(MSP)을 적층된 필름들에 구형 패턴을 형성한다.
- [0087] 접착제 주입단계에는 다초점 초음파 트랜스듀서의 제조장치(도 4 참조)를 반전시켜 테프론 튜브를 베이스 플레이트(BP)의 관통홀에 삽입하고 비전도성 접착제를 테프론 튜브에 주입하여, 실린더 튜브 모양으로 접착제를 삽입하여 초음파 생성 필름(12)을 하우징(11) 내부에서 지지할 수 있도록 한다. 이때, 외부 하우징의 내부에 삽입되는 실린더 튜브 형상의 내부 하우징이 형성될 수도 있다.
- [0088] 가열 단계에는 구형 패턴이 형성된 적층된 필름들을 설정된 온도로 설정된 시간 가열할 수 있다. 조립 단계에는 완성된 초음파 생성 필름(12)을 외부 하우징 내부에 설치하여 조립할 수 있다.
- [0089] 이때, 가열 단계는 완료된 적층된 필름을 분리한 후에 테프론 필름을 제거하여 초음파 생성 필름을 얻는 단계를 더 포함할 수 있다. 또한, 가열 단계는 다초점 초음파 트랜스듀서의 제조 장치로부터 필름들이 분리되기 전에 이루어 제조 장치 내에서 함께 이루어질 수 있다.
- [0090] 다초점 변환기의 제작 과정은 두 단계로 나뉘었다. 첫 번째 단계에서는 프레스-핏 시스템을 사용하여 활성 요소의 다구형 모양이 형성한다. 구리 클래드 폴리이미드 CCP, PVDF 필름 및 테플론(Teflon)이 각각 4X4 cm의 크기로 제작될 수 있다. PVDF 필름과 구리 클래드 폴리이미드는 한 방울의 에폭시(예를 들어 EPO TEK 301)에 의해 결합되었다. 테프론 필름을 PVDF 필름 표면에 배치하여 표면을 보호하는 동시에 프레스 핏 시스템의 구형 패턴을 눌러 막이 찢어지지 않도록 할 수 있다. 3개의 필름으로 구성된 그룹이 중앙 홀의 베이스 플레이트 표면에 배치된다. 베이스 플레이트는 표준 어셈블리를 형성하기 위해 4개의 로드가 부착되었습니다.
- [0091] 가압 플레이트(STP)는 4개의 로드를 통해 이러한 필름에 배치되고 4개의 나사로 베이스 플레이트로 고정될 수 있다. 멀티-구형 패턴(도 4의 (e))에 부착된 슬라이드 플레이트(SP)는 이 4개의 로드와 연결되어 이러한 플레이트의 구멍의 집중도를 보장할 수 있다. 이러한 스프링은 초점을 누르는 동안 진동을 줄이는 데 도움이 될 수 있다.
- [0092] 힘 센서로부터의 힘 값을 최적화하기 위해 활성 요소 표면의 장력을 관리할 수 있다. 상단 플레이트는 나사로 아래 플레이트에 고정될 수 있다. 힘 센서는 디스플레이 장치와 컨트롤 유닛의 전원 공급 장치에 연결될 수 있다. 육각 바 렌치가 힘 나사를 돌리는 데 사용될 수 있다. 힘센서와 다구면 패턴이 아래로 이동되어 필름 그룹에 균일한 압력이 가해져 필름 그룹이 평면 형태에서 구형 모양으로 변화할 수 있다.
- [0093] 이러한 필름을 누른 후 프레스-핏 시스템을 반전시켜 테플론 튜브를 베이스 플레이트의 중앙 구멍에 삽입한 다음 비전도성 에폭시를 테플론 튜브에 주입하여 구형 막 모양을 유지할 수 있다. 프레스-핏 시스템은 3시간동안 65℃의 뜨거운 오븐에 넣어서 경화될 수 있다. 경화 시간 후, 이 프레스-핏 시스템은 구리 클래드 폴리이미드

(CCP) 및 PVDF 필름이 접합된 에폭시 플러그(내부 하우징이 될 수 있음)를 포함한 어쿠스틱 스택을 취하기 위해 분해될 수 있다. 그리고 나서 테플론 필름은 음향 스택에서 제거될 수 있다.

[0094] 두 번째 단계는 변환기 하우징에 음향 스택을 조립할 수 있다. 리 클래드 폴리이미드(CCP) 및 PVDF 필름은 에폭시 플러그와 최대한 가깝게 다듬어질 수 있다. 그런 다음 전기선(16)을 UHF 커넥터의 중앙 핀에 연결할 수 있다. 음향 스택은 변환기 하우징과 집중적으로 배치될 수 있으며, 지면 경로를 형성하기 위해 은 에폭시를 통해 PVDF 필름의 면적의 한 부분이 하우징과 연결될 수 있다. 변환기의 장기적 전기 및 기계적 안정성을 유지하기 위해 하우징 내부의 열린 공간으로 비전도성 에폭시(17)가 접착제로서 채워질 수 있다. 에폭시가 경화된 후 활성 요소의 전극이 하우징 변환기를 통해 UHF 커넥터에 연결될 수 있다.

[0095] 이때, 초음파 손실을 최소화 하기 위하여 별도의 전기 임피던스 매칭부가 하우징 내부에 삽입된 다음 비전도성 에폭시로 채워질 수 있다. 4분의 1 파릴렌 두께의 파릴렌이 표면과 일치하는 층으로 기능하도록 변환기 전면에서 스퍼징되어 피에조 전기와 부하 매체 사이의 음향 에너지 전달을 보장하도록 할 수 있다. 도 5의 (a)에는 제작 구성 요소가 포함된 다초점 변환기의 단면이 도시되어 있다. 완성된 다초점 변환기의 사진은 도 5의 (b)에 도시될 수 있다.

[0096] 도 6에는 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 트랜스듀서를 사용한 와이어 팬텀 측정 실험 장치가 개략적으로 도시되어 있다. 도 7에는 도 6의 실험 장치에 의하여 측정된 와이어 팬텀 테스트가 개략적으로 도시되어 있다.

[0097] 다초점 변환기는 컴퓨터 제어 원격 펄스/수신기에 연결될 수 있으며, 50Ω 감쇠 및 3μJ 에너지당 200Hz의 전기적 자극에 의해 작동될 수 있다. 다초점 변환기의 펄스 에코와 주파수 스펙트럼을 측정하기 위해, 초점 지점에 표적으로 유리판/와이어 팬텀이 배치될 수 있다. 반사된 파형은 5MHz의 고역 통과 필터와 500MHz의 저역 통과 필터를 갖춘 500MHz 대역폭 수신기에 의해 수신되었으며 500메가 샘플의 샘플링 주파수로 디지털화 되었다.

[0098] 또한, 8비트의 디지털타이저에 의해 디지털화 되었다. 다초점 변환기의 움직임은 스테핑 모터에 의해 제어되었으며 범용 모션 컨트롤러/드라이버에 의해 구동되었다. LabView 프로그램이 위에서 언급한 모든 프로세스를 관리하기 위해 개발되었다. PC에 의해 제어되는 스캔 단계는 x축을 따라 이동하여 B-스캔 및 C-스캔 이미지를 획득하였다.

[0099] 실험 대상이 되는 팬텀의 7개의 와이어가 축 방향에서는 1mm, 측면 방향에서는 1mm의 동일한 거리로 대각선으로 배열되었습니다(도 7의 (a)). 전선은 물에 담그고 측면으로 스캔되었다. 와이어에서 반사된 에코 신호는 빔 프로필을 구성하여 수평 방향으로 빔의 크기를 결정하는 데 사용되었습니다. 데이터는 이미지 처리를 위해 MATLAB 기반 소프트웨어로 가져와서 처리되었다.

[0100] 펄스 에코 실험은 음향 초점에 배치된 유리판을 사용하여 물탱크에 적용되었다. 변환기의 펄스-에코 응답 및 주파수 스펙트럼은 그림 8에 나와 있습니다.

[0101] 도 8에는 도 6의 실험 장치에 의하여 측정된 결과를 개략적으로 도시한 것으로, 시간 영역과 주파수 영역에서의 측정 결과를 개략적으로 도시되어 있다. 여기서 (a)는 단초점 변환기(T1)에 대한 것이고, (b)은 3개의 초점(P1 ~ P3)을 갖는 다초점 변환기(T2)에 관한 것이고, (c)는 5개의 초점(P1 ~ P5)을 갖는 다초점 변환기(T3)에 관한 것이다.

[0102] 표 3은 세 개의 조작된 변환기의 시뮬레이션 및 측정 특성 비교를 요약한다. 단초점 변환기(T1)는 단일 초점 변환기이고, T2-Pi(MFP)는 다초점 변환기(T2)의 i(i=1-3)부분, T3-Pj(MFP)는 다초점 변환기(T3)의 i(i=1-5)이다. 일반적으로 실험 측정은 시뮬레이션 결과와 거의 일치했다. 측정된 중심 주파수(fc) 측면에서, 단일 초점 변환기 T1은 가장 높은 값을 산출했고, 두 개의 다점 변환기 T2, T3의 변환기는 시뮬레이션보다 약간 낮았다. -6dB로 측정된 대역폭의 경우, 변환기 T3은 시뮬레이션에 비해 대역폭이 좁아진 반면, 두 변환기 T1과 T2의 대역폭은 시뮬레이션보다 더 넓었다.

표 3

Transducer	Simulated (KLM)		Measured results	
	f _c (MHz)	BW (%)	f _c (MHz)	BW (%)
T ₁ (SFP)	50	66	51	68

T ₂ -P ₁ (MFP)	50	68	50	68
T ₂ -P ₂ (MFP)			49	69
T ₂ -P ₃ (MFP)			49	72
T ₃ -P ₁ (MFP)	50	68	50	66
T ₃ -P ₂ (MFP)			49	67
T ₃ -P ₃ (MFP)			47	68
T ₃ -P ₄ (MFP)			50	68
T ₃ -P ₅ (MFP)			48	70

[0104] 도 9에는 도 6의 실험 장치에 의하여 측정된 결과로서, B-스캔 이미지가 도시되어 있다. (a)는 단초점 변환기(T1)에 관한 것이고, (b)은 3개의 초점(P1 ~ P3)을 갖는 다초점 변환기(T2)에 관한 것이고, (c)는 5개의 초점(P1 ~ P5)을 갖는 다초점 변환기(T3)에 관한 것이다.

[0105] 와이어 팬텀의 영상은 단일 및 다중 로컬 점 변환기를 사용하여 획득되었다. 그것들의 깊이를 평가하고 비교했다. 단일 초점 변환기의 B-스캔 및 C-스캔 영상은 다중점 변환기의 성능을 평가하기 위한 참조로 사용되었다. 도 9는 세 개의 변환기 T1, T2 및 T3의 B-모드 스캔 영상을 보여준다. 변환기의 초점 영역에 배치된 와이어는 영상의 밝은 점을 획득했다. 그렇지 않으면 영상에 흐릿한 점이 표시된다. 여기서 오직 다초점 변환기 T3만이 충분한 7개의 밝은 점을 보여주었고, 이것은 더 깊은 이미지를 위한 긴 초점 지역을 나타낸다.

[0106] 도 10은 도 6의 실험 장치에 의하여 측정된 결과로서, C-스캔 이미지가 도시되어 있다. (a)는 단초점 변환기(T1)에 관한 것이고, (b)은 3개의 초점(P1 ~ P3)을 갖는 다초점 변환기(T2)에 관한 것이고, (c)는 5개의 초점(P1 ~ P5)을 갖는 다초점 변환기(T3)에 관한 것이다.

[0107] 도 10의 (a)에는 단초점 변환기(T1)의 초점 영역은 0.41mm이고 두 와이어의 거리는 1mm이기 때문에 획득된 영상은 초점에만 와이어를 표시되었다. (b)의 이미지는 와이어 팬텀 모델 중앙에 3개의 와이어만 표시되었다. 다초점 변환기 T2의 초점 영역이 3mm이기 때문에 초점 영역 밖의 다른 전선은 이미징할 수 없었다. 하지만, (c)에 도시된 바와 같이, 5개의 초점을 가진 다초점 변환기 T3가 중앙에 분명한 5개의 와이어가 있는 이미지를 생성했다. 두 번째 와이어에서 여섯 번째 와이어까지의 거리가 4mm이고, 다초점 변환기 T3의 초점 영역이 4.3mm라는 점에 유의해야한다. 따라서, 초점 영역에 배치된 다섯 개의 중심선은 초점 영역 외부에 있는 두 개의 와이어보다 더 밝게 이미징되었다.

[0108] 도 11에는 본 발명의 일 실시예에 따른 다초점 초음파 트랜스듀서에서 측정된 해상도(resolution)가 도시되어 있다. (a)에는 측방향 밝기 프로파일이 도시되어 있으며, (b)에는 측방향 밝기 프로파일이 도시되어 있다.

[0109] 그림 11에서 보듯이, 5개의 초점을 갖는 다초점 변환기 T3의 분해능을 측정했는데, 분해능이 변환기의 초점 깊이에서 B-스캔 모드에서 측정되었다. 와이어 타겟에서 펄스 강도(PII)를 계산했다. 5개 초점을 갖는 다초점 변환기의 측면 해상도는 해당 단면 프로파일 및 와이어 직경의 반치전폭(FWHM, -6dB)으로 측정되었다. 이러한 측면 분해능은 각각 156 μm, 108 μm, 113 μm, 135 μm 및 130 μm로 측정되었다. 5개 초점을 갖는 다초점 변환기의 축 분해능은 각각 66 μm, 61 μm, 65 μm, 66 μm의 반치전폭(FWHM, -6dB)으로 검출되었다. 측정된 측방향 분해능에는 와이어 뒤에서 그림자로 관찰된 꼬리가 있다. 다초점 변환기의 제작 기술도 펄스 반향 응답의 주파수, 노이즈, 분해능 및 진폭과 같은 변환기 품질에 영향을 미칠 수 있다.

[0110] 본 발명에 따르면, 다초점 변환기는 B-스캔 및 C-스캔 모드에서 영상의 긴 깊이를 얻는다는 것이 입증되었다. 또한 깊이 스캔이나 복잡한 합성 변환기 앞단 포커스 기법을 적용할 필요 없이 더 큰 깊이 영상의 초점 영역을 확장하는 기능도 보여준다. 특히 제안된 5개 다초점 변환기는 축 방향으로 5개 초점 영역을 동시에 생성할 수 있다.

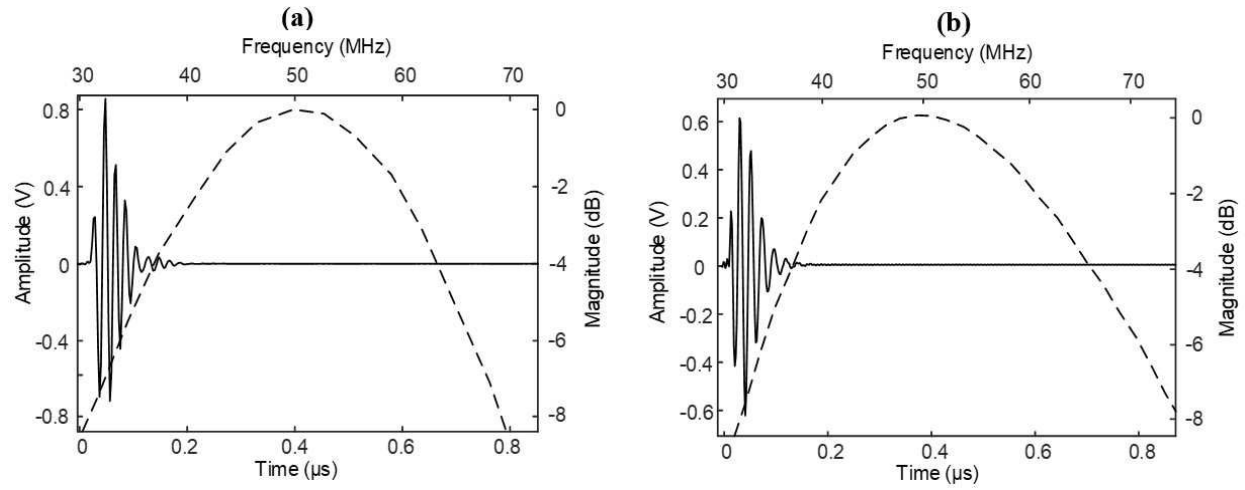
[0111] 본 발명에 따르면 다초점 변환기의 새로운 설계, 제작 및 특성화가 단일 초점 변환기에 의해 생성된 것과 비교하여 초점 영역을 크게 증가시켰다. 제안된 다초점 변환기의 초점 영역은 4.3mm였으며 와이어 팬텀의 이미징으로 입증되었다. 본 발명에 따라 개발된 방법은 변환기의 초점 수를 증가시켜 더 큰 초점 영역을 확장하는데 사용할 수 있다. 다중 구면 패턴의 프로파일은 CNC 기계에 의해 쉽고 정확하게 구현될 수 있다. 따라서 다중 국소점 변환기는 광범위한 현장 애플리케이션에서 영상을 촬영할 수 있는 가능성이 크다.

[0112] 이상에서 본 발명의 실시예를 참조하여 설명했지만, 본 발명이 이것에 한정되지는 않으며, 다양한 변형 및 응용

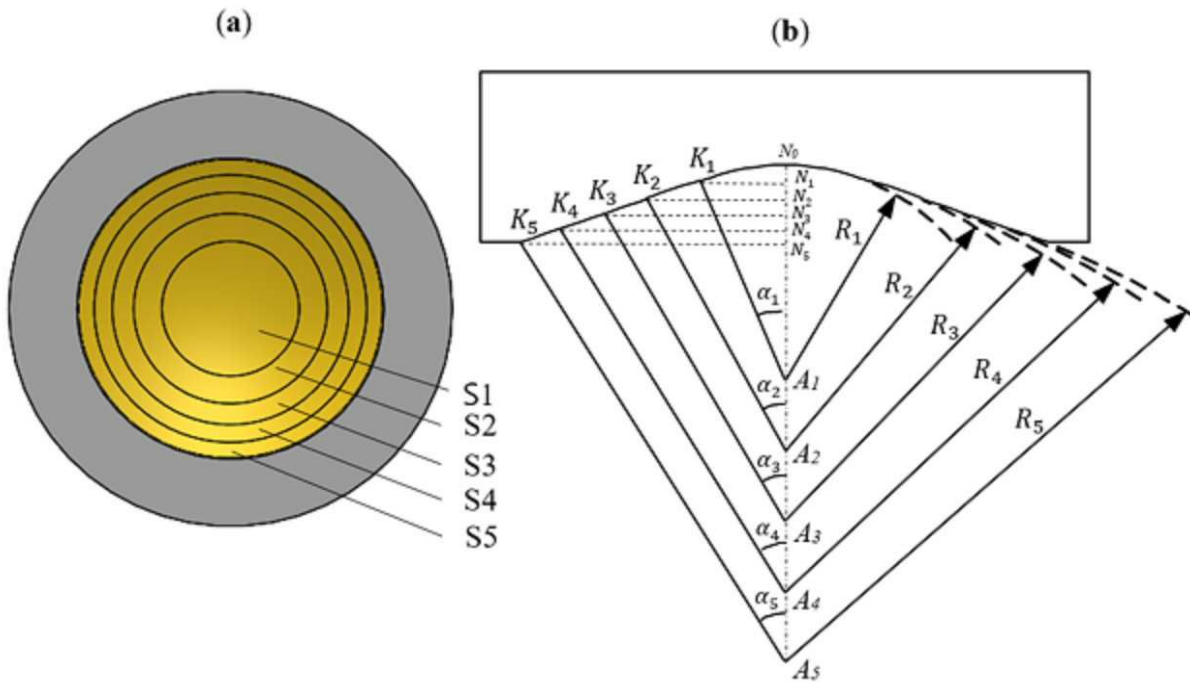
이 가능하다. 즉, 본 발명의 요지를 일탈하지 않는 범위에서 많은 변형이 가능한 것을 당업자는 용이하게 이해할 수 있을 것이다.

도면

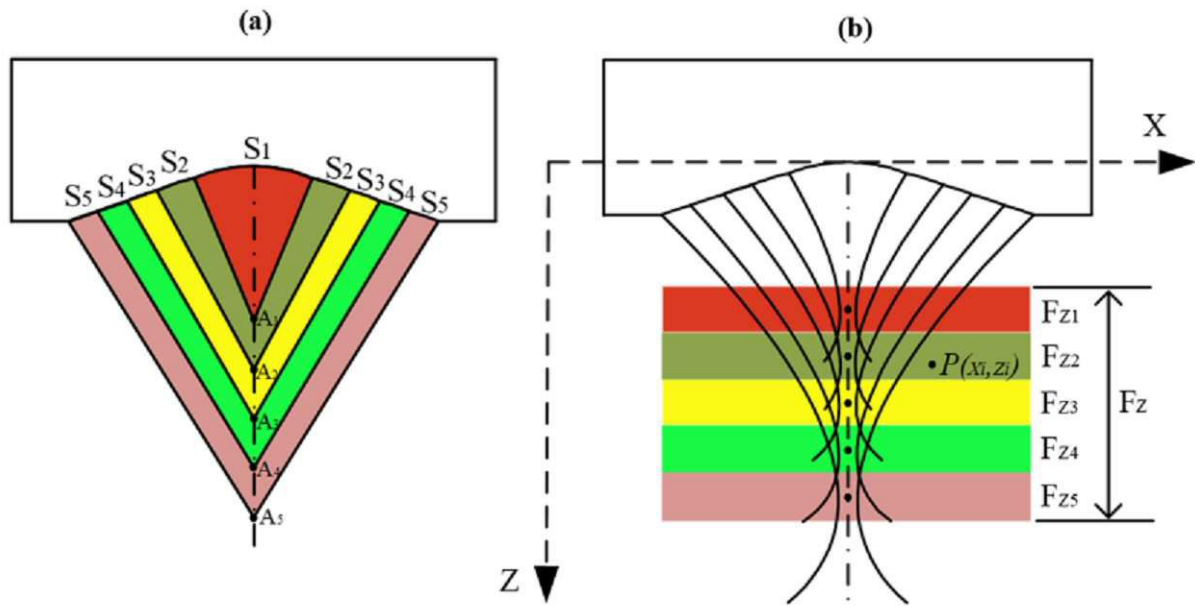
도면1



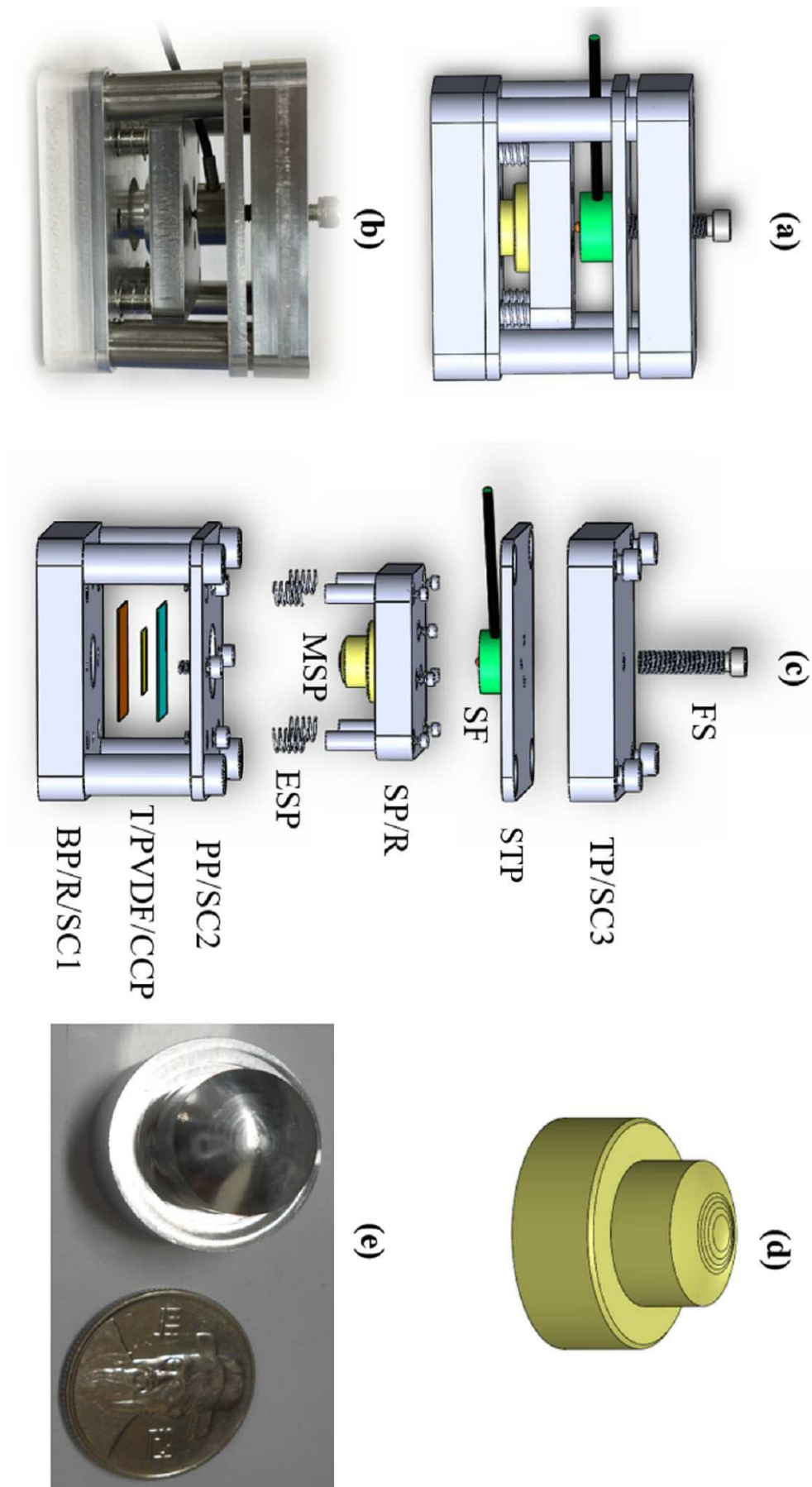
도면2



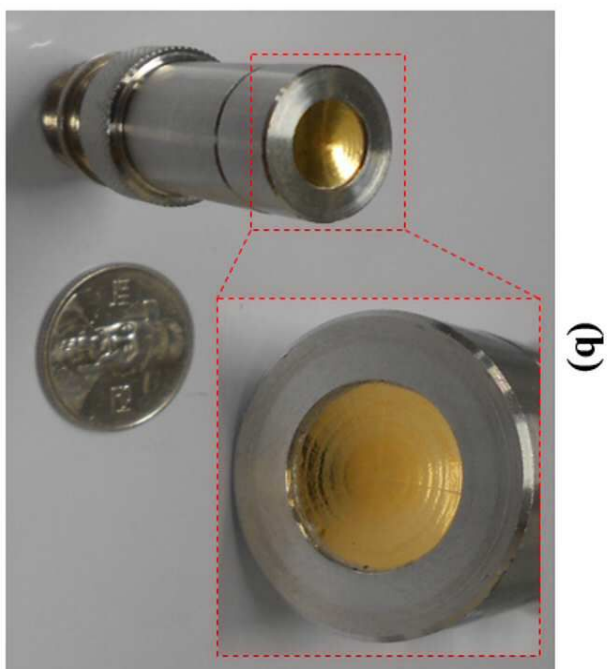
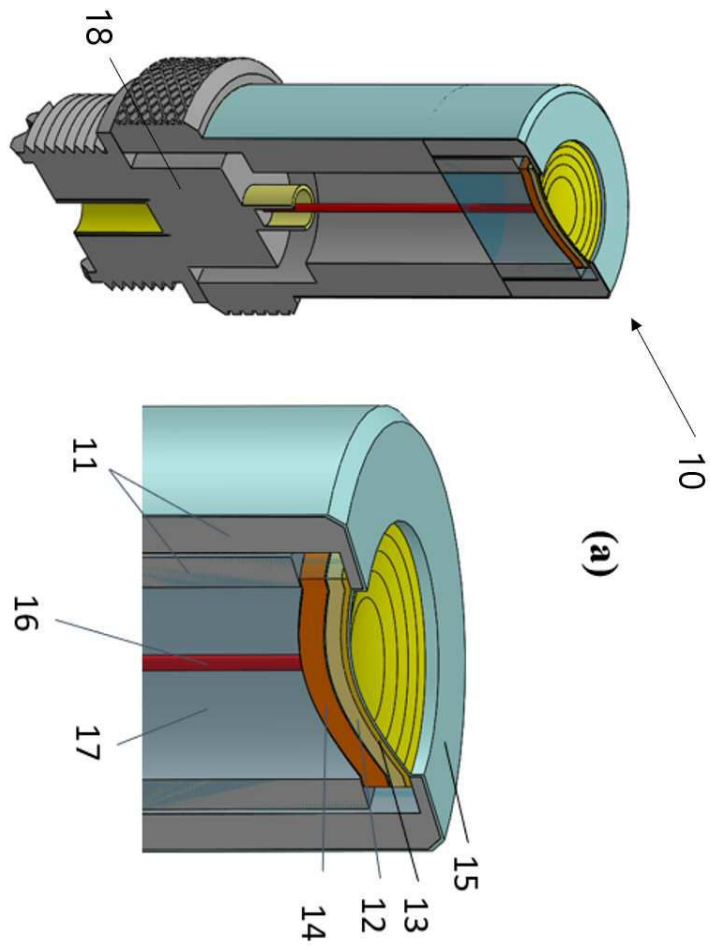
도면3



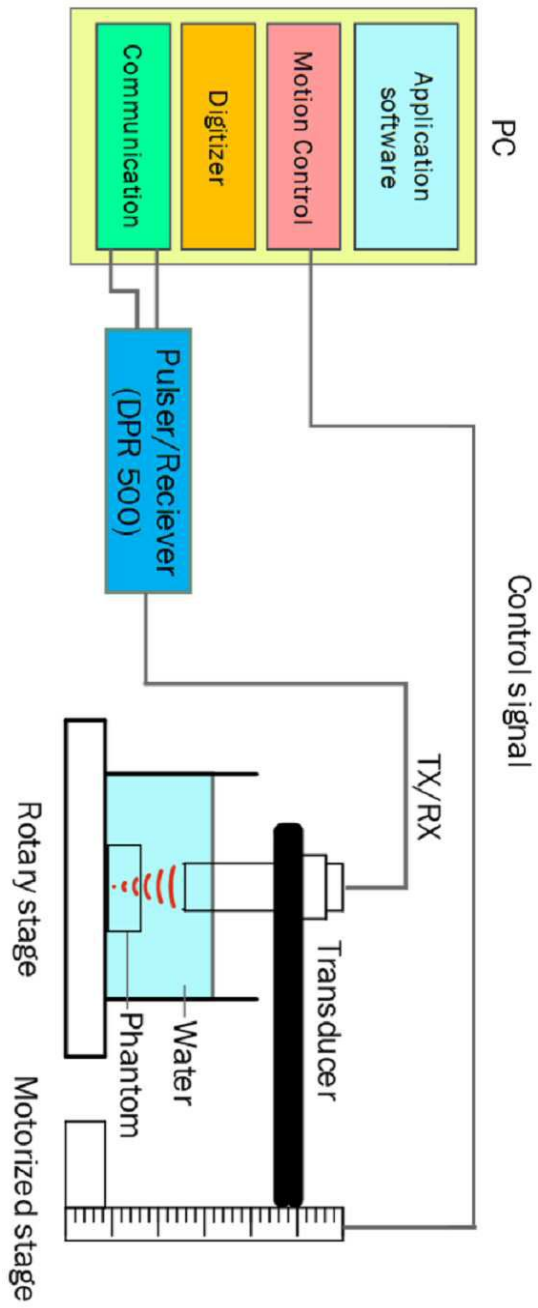
도면4



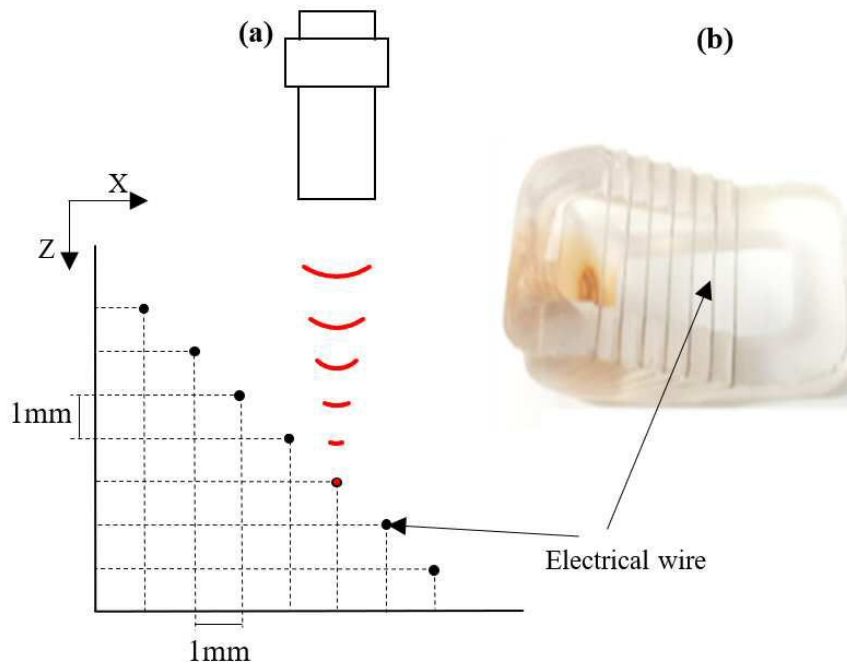
도면5



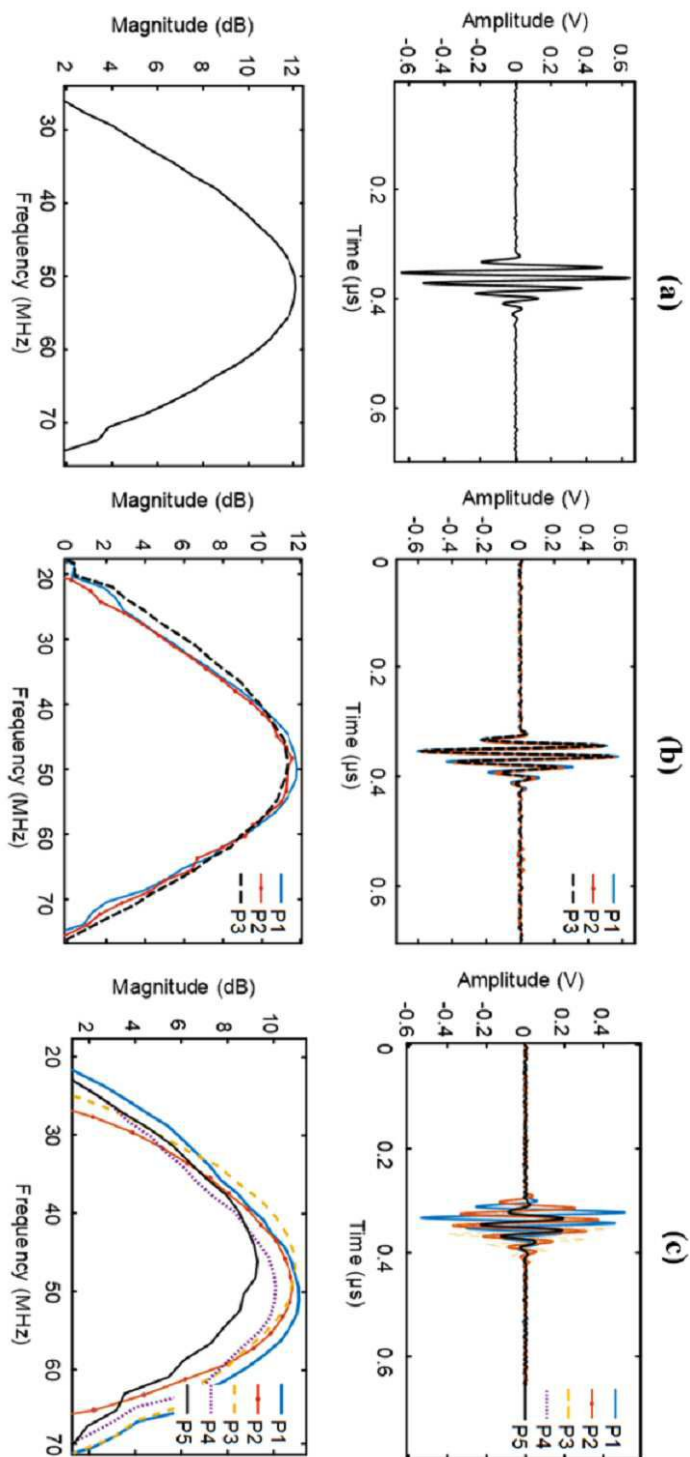
도면6



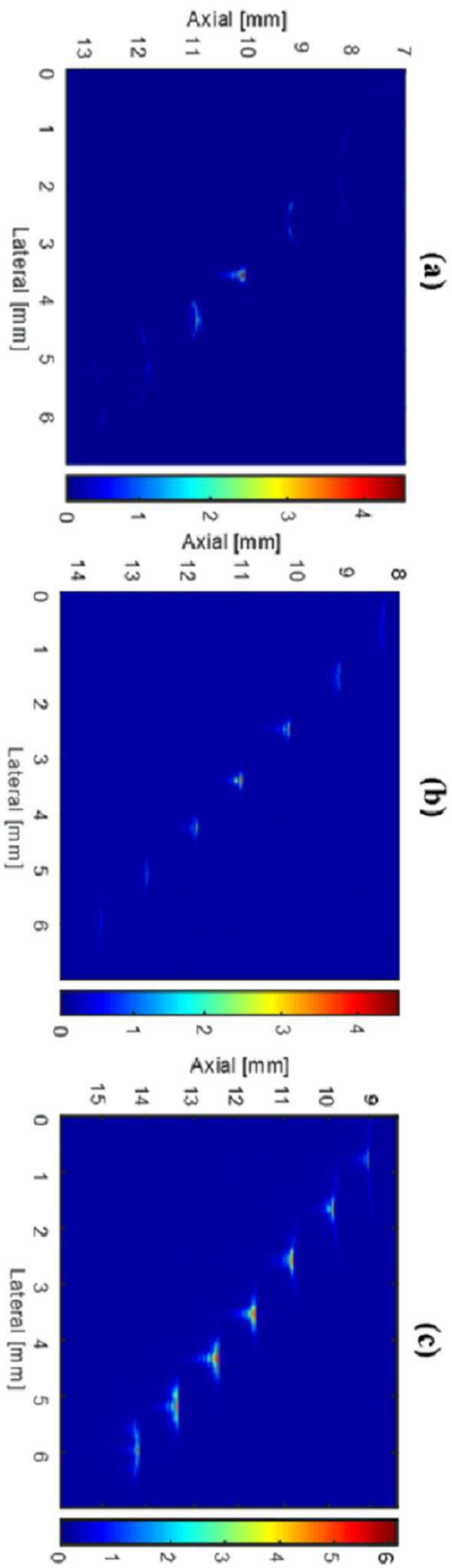
도면7



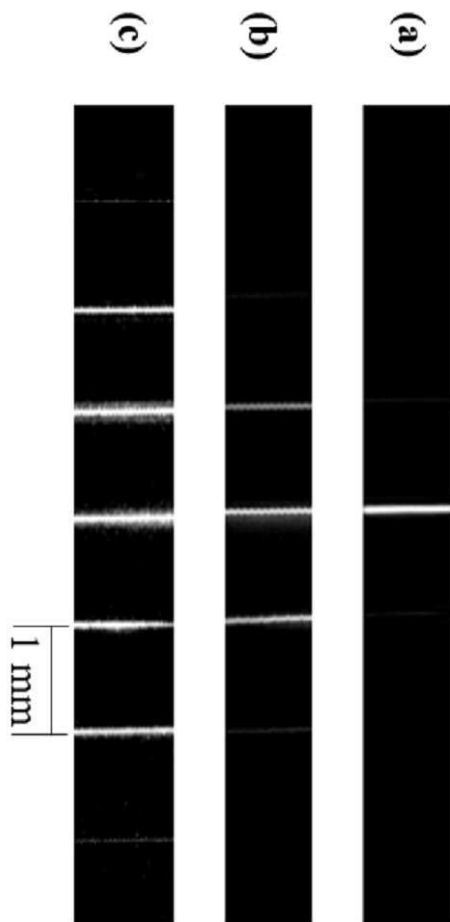
도면8



도면9



도면10



도면11

