



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년03월25일
(11) 등록번호 10-1962039
(24) 등록일자 2019년03월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B06B 1/06 (2006.01) A61B 8/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B06B 1/0607 (2013.01)
A61B 8/4494 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0156845
(22) 출원일자 2017년11월22일
심사청구일자 2017년11월22일

(73) 특허권자
동국대학교 산학협력단
서울특별시 중구 필동로1길 30 (필동3가, 동국대학교)
(72) 발명자
정종섭
서울특별시 동대문구 장안벚꽃로 167, 220동 901호
성진호
경기도 고양시 일산동구 중앙로 1233
권다솔
경기도 포천시 정자동길 101-30
(74) 대리인
특허법인 피씨알

전체 청구항 수 : 총 23 항

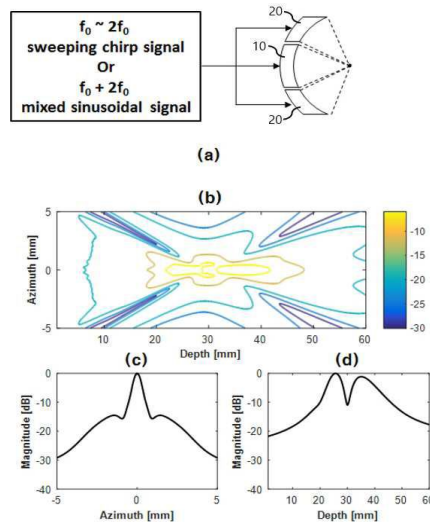
심사관 : 김중천

(54) 발명의 명칭 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자, 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자, 시스템 및 방법에 관한 것으로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자에는, 초음파 변환자의 중심부에 배치되는 원 형태의 제 1 압전소자 및 제 1 압전소자를 중심으로 제 1 압전소자와 공통된 초점을 가지는 적어도 하나 이상의 링 형태를 갖는 제 2 압전소자가 포함되며, 공통된 초점 상에서 서로 다른 주파수 및 위상을 갖는 초음파 신호가 동시에 혼합 가능하도록 제 1 압전소자 및 제 2 압전소자 각각을 통해 다중 주파수 및 소정의 위상차를 갖는 초음파가 발생될 수 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류
B06B 2201/76 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자에 있어서,

상기 초음파 변환자의 중심부에 배치되는 원 형태의 제 1 압전소자; 및

상기 제 1 압전소자를 중심으로 링 형태를 가지며 상기 제 1 압전소자와 공통된 초점을 가지는 적어도 하나 이상의 제 2 압전소자가 포함되며,

상기 공통된 초점 상에서 서로 다른 주파수 및 위상을 갖는 초음파 신호가 동시에 혼합 가능하도록 상기 제 1 압전소자 및 상기 제 2 압전소자 각각을 통해 다중 주파수 및 소정의 위상차를 갖는 초음파가 발생하는 것을 특징으로 하는 초음파 변환자.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 압전소자 및 상기 제 2 압전소자 각각의 주파수 대역폭은 소정의 기본 공진 주파수(f_0)와 상기 기본 공진 주파수에 대한 하모닉 주파수를 포함하는 광대역폭인 것을 특징으로 하는 초음파 변환자.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 압전소자 및 상기 제 2 압전소자 각각이 서로 다른 기본 공진 주파수(f_0)를 갖도록 형성되는 것을 특징으로 하는 초음파 변환자.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 압전소자 및 상기 제 2 압전소자 각각은 분극 역전된 구조를 갖고, 상기 분극 역전된 구조에 의하여 상기 제 1 압전소자 및 상기 제 2 압전소자에서는 다중 공진 주파수가 발생 가능한 것을 특징으로 하는 초음파 변환자.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 제 1 압전소자 및 상기 제 2 압전소자 각각에 포함된 상위소자 및 하위소자 간의 두께 비율은 사용자의 목적에 따라 변경 가능한 것을 특징으로 하는 초음파 변환자.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 제 1 압전소자 및 상기 제 2 압전소자 각각은 서로 동일하거나 상이한 물질로 형성되고,

상기 제 1 압전소자에 포함된 상위소자 및 하위소자는 서로 동일하거나 상이한 물질로 형성되며, 상기 제 2 압전소자에 포함된 상위소자 및 하위소자는 서로 동일하거나 상이한 물질로 형성되는 것을 특징으로 하는 초음파 변환자.

청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 분극 역전된 구조를 갖는 초음파 변환자에 상기 다중 공진 주파수 사이를 스위핑 하는 처프 신호가 인가됨으로써, 상기 공통된 초점의 영역이 소정의 범위 내에서 이동 가능한 것을 특징으로 하는 초음파 변환자.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 초음파 변환자의 성능 향상을 위해 정합층 또는 흡음층 중 적어도 하나 이상이 더 포함되는 것을 특징으로 하는 초음파 변환자.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 초음파 변환자에 프레스트 포커싱 기법이 적용되거나 오목렌즈 또는 볼록렌즈가 부착됨으로써, 상기 제 1 압전소자 및 상기 제 2 압전소자가 상기 공통된 초점을 가지는 것을 특징으로 하는 초음파 변환자.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 압전소자 및 적어도 하나 이상의 상기 제 2 압전소자 각각이 서로 소정의 거리를 두고 배치됨으로써 상기 제 1 압전소자 및 상기 적어도 하나 이상의 제 2 압전소자 각각의 사이에는 공간이 형성되며, 상기 공간은 비어있거나 비전도성 물질로 채워져 있는 것을 특징으로 하는 초음파 변환자.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 압전소자 또는 상기 제 2 압전소자 중 적어도 하나 이상이 복합체 구조를 가지는 것을 특징으로 하는 초음파 변환자.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 압전소자 및 상기 제 2 압전소자 각각은 서로 동일하거나 서로 다른 물질로 형성되는 것을 특징으로 하는 초음파 변환자.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 압전소자 및 상기 제 2 압전소자 각각은 송수신되는 초음파 에너지가 조절될 수 있도록 크기 조절이 가능한 것을 특징으로 하는 초음파 변환자.

청구항 14

초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 시스템에 있어서,
 제 1 항에 따른 초음파 변환자;
 상기 초음파 변환자를 구동시키기 위한 전기적 신호를 발생시키는 신호 발생부;
 상기 발생된 신호의 위상을 조절하기 위한 위상 제어부;
 상기 위상이 조절된 신호를 증폭하기 위한 신호 증폭부; 및
 상기 증폭된 신호를 상기 초음파 변환자에 인가시키기 위한 신호 송신부를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 시스템.

청구항 15

제 14 항에 있어서,
 상기 신호 발생부, 상기 위상 제어부, 상기 신호 증폭부 및 상기 신호 송신부는 각각 상기 초음파 변환자의 압전소자마다 형성되거나 상기 초음파 변환자의 압전소자를 그룹핑하여 생성된 그룹마다 형성되는 것을 특징으로 하는 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 시스템.

청구항 16

제 14 항에 있어서,
 초음파 영상 구현을 위한 송수신 스위치;
 상기 송수신 스위치를 통해 인가된 신호를 수신하기 위한 신호 수신부;
 상기 수신된 신호를 증폭하기 위한 수신신호 증폭부;
 주파수 컴파운딩 영상 구현을 위한 영상 처리부; 및
 디스플레이부를 더 포함하며,
 위상차이를 가지고 송신된 고주파수 및 저주파수 초음파가 상기 송수신 스위치를 통해 혼합되어 동시에 수신되는 것을 특징으로 하는 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 시스템.

청구항 17

초음파 시스템을 이용하여 초음파 초점 심도를 확장하는 방법에 있어서,
 상기 초음파 시스템의 신호 발생부에 의해 다중 주파수를 포함하는 신호가 생성되는 단계;
 상기 생성된 신호의 위상이 위상 제어부에 의해 조절되는 단계;
 상기 위상이 조절된 신호의 진폭값이 신호 증폭부에 의해 결정되는 단계; 및
 상기 진폭값이 결정된 신호가 신호 송신부를 통해 제 1 항에 따른 초음파 변환자에 인가되어 다중 주파수 및 소정의 위상차를 갖는 초음파 신호가 발생되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 초점 심도를 확장하는 방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 다중 주파수를 포함하는 신호에는 소정의 기본 공진 주파수(f_0)와 상기 기본 공진 주파수에 대한 하모닉 주파수가 서로 혼합된 신호 또는 상기 기본 공진 주파수와 상기 기본 공진 주파수에 대한 하모닉 주파수를 모두 포함하는 처프 신호가 포함되는 것을 특징으로 하는 초음파 초점 심도를 확장하는 방법.

청구항 19

제 17 항에 있어서,

상기 초음파 변환자의 압전소자들 각각이 서로 다른 기본 공진 주파수를 가지는 경우, 각각의 압전소자들의 기본 공진 주파수에 해당하는 신호가 개별적으로 각각의 압전소자에 인가되거나 또는 상기 기본 공진 주파수가 모두 혼합된 신호가 전체 압전소자에 인가되는 것을 특징으로 하는 초음파 초점 심도를 확장하는 방법.

청구항 20

제 17 항에 있어서,

상기 초음파 변환자의 압전소자들이 각각 분극 역전된 구조를 갖는 경우, 상기 다중 주파수를 포함하는 신호에는 상기 초음파 변환자의 압전소자들 각각의 다중 공진 주파수가 서로 혼합된 신호 또는 상기 다중 공진 주파수를 모두 포함하는 처프 신호가 포함되는 것을 특징으로 하는 초음파 초점 심도를 확장하는 방법.

청구항 21

제 18 항 또는 제 20 항에 있어서,

상기 처프 신호는 선형 또는 비선형 처프 신호인 것을 특징으로 하는 초음파 초점 심도를 확장하는 방법.

청구항 22

제 17 항에 있어서,

상기 생성된 신호의 위상이 위상 제어부에 의해 조절되는 단계에서는,

상기 초음파 변환자에 인가될 신호 간에 0도부터 180도 범위 내에서의 상호 위상차를 갖도록 상기 생성된 신호의 위상값이 결정되는 것을 특징으로 하는 초음파 초점 심도를 확장하는 방법.

청구항 23

제 17 항에 있어서,

상기 위상이 조절된 신호의 진폭값이 신호 증폭부에 의해 결정되는 단계에서는,

상기 초음파 변환자에 인가될 신호 간에 서로 동일하거나 서로 다른 진폭값을 갖도록 상기 위상이 조절된 신호의 진폭값이 결정되는 것을 특징으로 하는 초음파 초점 심도를 확장하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자, 시스템 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 종래의 초점 심도 확장을 위한 다중 초점 생성 시 발생하는 초점 심도의 불연속성을 최소화하기 위해 복수의 주파수를 이용하는 초음파 변환자 구조, 시스템 및 구동 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 의료 초음파는 사용 목적에 따라 크게 진단 및 치료용 초음파로 구분된다. 진단 및 치료용 초음파의 성능을 결정 짓는 중요 요소중의 하나인 초점 심도 (depth of field)는 초음파 송수신시 매질에 인가되는 압력이 최대가 되는 값을 중심으로 -3 dB 또는 -6 dB에 이르는 곳까지의 범위를 말하며, F-값 (F값=초점거리/구경크기)의 제곱과 파장에 비례한다.

[0004] 진단용 초음파에서, 영상의 화질을 결정하는 집속(focusing)은 초점 심도 안에서 이루어지므로 초점심도의 확장은 보다 선명한 영상을 제공할 수 있기 때문에 영상의 화질을 개선 시킬 수 있다. 그러나, 공식에 의하면 F-값이 일정한 상황에서 영상의 주파수가 증가할수록 초점 심도가 좁아지므로 특히 고주파수 초음파 영상에서의 초점 심도를 확장하는 기술의 개발이 시급하다.

[0005] 치료용 초음파의 경우 초음파 빔을 한 번 조사할 때 치료되는 영역의 크기는 초점 심도에 의해 결정되며, 종래에 사용되는 치료용 초음파의 경우 초점 심도가 매우 좁기 때문에 병변의 전체 영역을 치료하는데 오랜 시간이 소요된다는 문제점이 있다.

[0006] 초음파 변환자 및 시스템의 복잡성을 증가시키지 않고 초음파의 초점 심도를 확장하기 위한 방법으로 제안된 다중심(multi-concentric) 구경 (aperture)의 초음파 변환자를 이용한 시스템 및 방법(대한민국 등록특허 제10-1439684호)은 원 형태의 압전소자와 다수의 링 형태의 압전소자들이 서로 동일한 초점을 가지며, 각 압전소자에 위상이 다른 신호를 인가함으로써 다중 초점을 형성 시킬 수 있다. 그러나 이 때 형성되는 다중 초점들 사이의 영역은 초점 영역 대비 초음파 에너지의 강도가 낮기 때문에, 초점 심도의 균일성을 보다 향상 시켜 줄 수 있는 기술이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1439684호 (2014.09.02)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 전술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 다중심 초음파 변환자 구조에 다중 주파수의 초음파 신호가 발생할 수 있는 기법을 적용함으로써 두 개 이상의 다중 초점 영역 사이에 낮은 초음파 에너지 강도를 증대시킬 수 있는 초음파 변환자, 시스템 및 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자에는, 초음파 변환자의 중심부에 배치되는 원 형태의 제 1 압전소자 및 제 1 압전소자와 공통된 초점을 가지는 적어도 하나 이상의 링 형태의 제 2 압전소자가 포함되며, 제 1 압전소자 및 제 2 압전소자 각각을 통해 다중 주파수 및 소정의 위상차를 갖는 초음파를 발생시킴으로써 공통된 초점 상에서 서로 다른 주파수 및 위상을 갖는 초음파 신호가 동시에 혼합 가능하도록 할 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 제 1 압전소자 및 제 2 압전소자 각각의 주파수 대역폭은 소정의 기본 공진 주파수 (f_0)와 기본 공진 주파수에 대한 하모닉(harmonic) 주파수를 포함하는 광대역폭일 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 제 1 압전소자 및 제 2 압전소자 각각이 서로 다른 기본 공진 주파수(f_0)를 갖도록 형성될 수 있다.

- [0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 제 1 압전소자 및 제 2 압전소자가 각각 서로 다른 두께로 형성될 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 제 1 압전소자 및 제 2 압전소자 각각은 분극 역전된 구조를 갖기 위해 상위소자 및 하위소자를 포함하며, 분극 역전된 구조에 의하여 제 1 압전소자 및 제 2 압전소자에서는 다중 공진 주파수를 발생시킬 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 제 1 압전소자 및 제 2 압전소자 각각에 포함된 상위소자 및 하위소자 간의 두께 비율은 사용자의 목적에 따라 변경 가능할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 제 1 압전소자 및 제 2 압전소자에 포함된 상위소자들 및 하위소자들은 서로 동일하거나 서로 다른 물질로 형성될 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 분극 역전된 구조를 갖는 초음파 변환자에 다중 공진 주파수 사이를 스위핑(sweeping) 하는 처프(chirp)신호가 인가됨으로써, 공통된 초점의 영역이 소정의 범위 내에서 이동 가능할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 변환자의 성능 향상을 위한 정합층 또는 흡음층 중 적어도 하나 이상이 더 포함될 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 변환자에 프레스트(pressed) 포커싱 기법이 적용되거나 오목렌즈 또는 볼록렌즈가 부착됨으로써, 제 1 압전소자 및 제 2 압전소자가 공통된 초점을 가질 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 제 1 압전소자 및 적어도 하나 이상의 제 2 압전소자 각각이 서로 소정의 거리를 두고 배치됨으로써 제 1 압전소자 및 적어도 하나 이상의 제 2 압전소자 각각의 사이에는 공간이 형성되며, 공간은 비어있거나 비전도성 물질로 채워져 있을 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 제 1 압전소자 또는 제 2 압전소자 중 적어도 하나 이상이 복합체 구조를 가질 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 제 1 압전소자 및 제 2 압전소자 각각은 서로 동일하거나 서로 다른 물질로 형성될 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일 실시예에 따른 제 1 압전소자 및 제 2 압전소자 각각은 송수신되는 초음파 에너지가 사용자의 목적에 따라 조절될 수 있도록 각각의 압전소자의 크기가 조절될 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 시스템에는, 전술한 초음파 변환자, 초음파 변환자를 구동시키기 위한 전기적 신호를 발생시키는 신호 발생부, 발생된 신호의 위상을 조절하기 위한 위상 제어부, 위상이 조절된 신호를 증폭하기 위한 신호 증폭부 및 증폭된 신호를 초음파 변환자에 인가시키기 위한 신호 송신부가 포함될 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에 따른 신호 발생부, 위상 제어부, 신호 증폭부 및 신호 송신부는 각각 초음파 변환자의 압전소자마다 형성되거나 초음파 변환자의 압전소자를 그룹핑하여 생성된 그룹마다 형성될 수 있다.
- [0027] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 시스템에는, 초음파 영상 구현을 위한 송수신 스위치, 송수신 스위치를 통해 인가된 신호를 수신하기 위한 신호 수신부, 상시 수신된 신호를 증폭하기 위한 수신신호 증폭부, 주파수 컴파운딩(frequency compounding) 영상 구현을 위한 영상 처리부 및 디스플레이부가 더 포함되며, 위상차이를 가지고 송신된 고주파수 및 저주파수 초음파가 송수신 스위치를 통해 혼합되어 동시에 수신될 수 있다. 또한, 영상 처리부에는 증폭된 신호를 처리하기 위한 신호 처리부 및 주파수 컴파운딩 영상을 처리하기 위한 주파수 컴파운딩 영상 처리부가 포함될 수 있다.
- [0028] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 시스템을 이용하여 초음파 초점 심도를 확장하는 방법은, 초음파 시스템의 신호 발생부에 의해 다중 주파수를 포함하는 신호가 생성되는 단계, 생성된 신호의 위상이 위상 제어부에 의해 조절되는 단계, 위상이 조절된 신호의 진폭값이 신호 증폭부에 의해 결정되는 단계 및 진폭값이 결정된 신호가 신호 송신부를 통해 전술한 초음파 변환자에 인가되어 다중 주파수 및 소정의 위상차를 갖는 초음파 신호가 발생하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0029] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 주파수를 포함하는 신호에는 소정의 기본 공진 주파수(f_0)와 기본 공진 주파수(f_0)에 대한 하모닉 주파수가 서로 혼합된 신호 또는 기본 공진 주파수(f_0)와 기본 공진 주파수(f_0)에 대한 하모닉 주파수를 모두 포함하는 처프 신호가 포함될 수 있다.

- [0030] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 초음파 변환자의 압전소자들 각각이 서로 다른 기본 공진 주파수를 가지는 경우, 다중 주파수를 포함하는 신호에는 초음파 변환자의 압전소자들 각각의 기본 공진 주파수를 포함하는 신호 또는 기본 공진 주파수가 모두 혼합된 신호가 포함될 수 있고, 초음파 변환자의 압전소자들 각각의 기본 공진 주파수를 포함하는 신호가 초음파 변환자에 인가되는 경우, 압전소자들 각각에 압전소자들 각각의 기본 공진 주파수에 해당하는 신호가 개별적으로 인가될 수 있다.
- [0031] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 초음파 변환자의 압전소자들이 각각 분극 역전된 구조를 갖는 경우, 다중 주파수를 포함하는 신호에는 초음파 변환자의 압전소자들 각각의 다중 공진 주파수가 서로 혼합된 신호 또는 다중 공진 주파수를 모두 포함하는 처프 신호가 포함될 수 있다.
- [0032] 본 발명의 일 실시예에 따른 생성된 신호의 위상이 위상 제어부에 의해 조절되는 단계에서는, 초음파 변환자에 인가될 신호 간에 0도부터 180도 범위 내에서의 상호 위상차를 갖도록 생성된 신호의 위상값이 결정될 수 있다.
- [0033] 본 발명의 일 실시예에 따른 위상이 조절된 신호의 진폭값이 신호 증폭부에 의해 결정되는 단계에서는, 초음파 변환자에 인가될 신호 간에 서로 동일하거나 서로 다른 진폭값을 갖도록 위상이 조절된 신호의 진폭값이 결정될 수 있다.
- [0034] 본 발명의 일 실시예에 따른 처프 신호는 선형 또는 비선형 처프 신호일 수 있다.

발명의 효과

- [0036] 본 발명의 일 실시예로서 제공되는 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자, 시스템 및 방법에 따르면, 종래의 다중 초점 형성 시, 발생하는 초점 심도 간의 불연속성을 최소화할 수 있으며 진단용 초음파 분야에서 초음파 영상의 질을 균일하게 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 치료용 초음파 분야에서도 효과적으로 치료 영역을 확장시킬 수 있다.
- [0037] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 초음파 진단용 영상에서는 주파수 컴파운딩 효과에 의해 스펙클 패턴 (speckle pattern)을 억제시킬 수 있으며, 치료용 분야에서는 다중 주파수로 인해 캐비테이션(cavitation) 효과가 증진되어 치료 영역이 확대되기 때문에 결과적으로 수술 시간을 단축시킬 수 있다. 특히 주파수 가변신호인 처프 신호를 사용할 경우 초점의 이동을 발생시키기 때문에 고강도 집속 치료시 필요한 정상 조직 보호를 위한 쿨링 (cooling) 프로세스의 구현이 가능해진다.

도면의 간단한 설명

- [0039] 도 1은 종래에 사용되는 단일소자 초음파 변환자의 구조 및 변환자 구동 시 발생하는 초음파 빔의 강도 분포를 나타낸다.
- 도 2는 종래에 제안된 다중심 구경의 초음파 변환자의 구조 및 변환자 구동 시 발생하는 초음파 빔의 강도 분포를 나타낸다.
- 도 3은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자의 구조 및 변환자 구동 시 발생하는 초음파 빔의 강도 분포를 나타낸다.
- 도 4는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자의 구조 및 변환자 구동 시 발생하는 초음파 빔의 강도 분포를 나타낸다.
- 도 5는 본 발명의 제 3 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자의 구조 및 변환자 구동 시 발생하는 초음파 빔의 강도 분포를 나타낸다.
- 도 6은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자의 구동 시 처프 신호를 사용했을 때 시간에 따라 변화하는 초음파 빔의 강도 분포의 예를 나타낸다.
- 도 7는 도 6에 대한 연장선으로 처프 신호를 사용했을 때 소정의 시간 동안 초음파 빔의 강도 분포의 변화를 추적하여 나타낸 초음파 빔의 강도 분포의 또 다른 예를 나타낸다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자의 구조의 또 다른 예를 나타낸다.
- 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자의 구조의 추가적인 변형의 예

를 나타낸다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장의 원리를 나타내기 위한 그래프이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 시스템을 나타낸 블록도이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 의해 초음파 진단용 영상에 적용 시 획득 가능한 컴퓨터 모사 실험 결과의 예를 나타낸다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 시스템을 나타낸 블록도의 또 다른 예이다.

도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 방법의 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0040] 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 본 발명에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0041] 본 발명에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.
- [0042] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0043] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0044] 본 발명에서는 다중심 초음파 변환자를 사용해서 다중 주파수 신호를 발생 시킬 수 있는 다양한 방법들 중 대표적인 3가지 기술들에 관해 설명한다. 제안된 기술은 하기 언급된 기술에 국한되지 않으며 다중 주파수를 발생시킬 수 있는 모든 경우에 적용될 수 있다.
- [0045] 예를 들면 본 발명에서는 제안된 기술을 다중심 초음파 변환자 구조에 적용하는 것을 주된 목적으로 하고 있지만, 배열형 초음파 변환자를 구성하는 부분 소자 그룹(sub-element group)의 시간 지연을 적절하게 제어함으로써 유사한 기능 구현이 가능하다.
- [0046] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명을 상세히 설명하기로 한다.
- [0047] 도 1은 종래에 사용되는 단일소자 초음파 변환자의 (a) 정면도, (b) 측면도 및 변환자 구동 시 발생하는 초음파 빔의 (c) 2차원 강도(intensity) 분포, (d) 축방향 강도 분포 및 (e) 축방향 강도 분포를 나타낸다.
- [0048] 도 1을 참조하면, 종래의 단일소자 초음파 변환자는 단일 압전소자(1)를 이용하여 전체 두께에 대한 기본 공진 주파수가 발생하며, 매질 내에서도 단일 초점 심도를 가지므로 초점 심도 확장이 이루어지지 않는다.
- [0049] 도 2는 종래에 제안된 다중심 구경의 초음파 변환자의 (a) 정면도, (b) 측면도 및 변환자 구동 시 발생하는 초음파 빔의 (c) 2차원 강도(intensity) 분포, (d) 축방향 강도 분포 및 (e) 축방향 강도 분포를 나타낸다.
- [0050] 도 2를 참조하면, 종래에 제안된 다중심 구경의 초음파 변환자는 원 형태의 제 1 압전소자(2)와 링 형태의 제 2 압전소자(3)로 이루어져 있으며, 공초점을 가질 수 있다. 변환자를 구동하기 위해 각 소자로 인가되는 신호는 위상이 180도 반전되며, 이 때 초음파 빔의 강도 분포는 도 2(c)와 같이 두 개의 초점 심도를 가질 수 있다. 도 2(e)는 변환자의 중심에서 초음파 빔의 축방향 강도 분포를 나타낸 것으로, 두 초점 심도 간의 골(valley) 깊이는 빔의 최대 압력보다 -18.65 dB 떨어진 값을 가질 수 있다.
- [0051] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자에는, 초음파 변환자의 중심부에 배치되는 원 형태의 제 1 압전소자(10) 및 제 1 압전소자(10)와 공통된 초점을 가지는 적어도 하나 이상의 링 형태의 제 2 압전소자(20)가 포함되며, 공통된 초점 상에서 서로 다른 주파수 및 위상을 동시에 혼합 가능하도록 제

1 압전소자(10) 및 제 2 압전소자(20) 각각을 통해 다중 주파수 및 소정의 위상차(예컨대, 0도~180도)를 갖는 초음파가 발생될 수 있다. 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 변환자는 다중심 구경 구조를 가질 수 있으며, 각 압전소자를 통해 공통된 초점 상에 다중 주파수를 갖는 초음파가 발생되도록 하여 초점 심도 확장의 효과를 향상시킬 수 있다.

[0052] 후술할 구체적인 실시예들을 통해 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 변환자의 구조를 상세히 살펴보도록 한다.

[0053] 도 3은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자의 (a) 측면도 및 변환자 구동 시 발생하는 초음파 빔의 (b) 2차원 강도 분포, (c) 측방향 강도 분포 및 (d) 측방향 강도 분포를 나타낸다.

[0054] 도 3(a)을 참조하면, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 제 1 압전소자(10) 및 제 2 압전소자(20) 각각의 주파수 대역폭은 소정의 기본 공진 주파수(f_0)와 기본 공진 주파수에 대한 하모닉 주파수를 포함하는 광대역폭일 수 있다. 이 때, 제 1 압전소자(10)와 제 2 압전소자(20) 각각의 두께는 동일할 수 있으며, 소정의 기본 공진 주파수는 초음파 변환자의 설계 시 결정될 수 있다.

[0055] 또한, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 초음파 변환자에 인가되는 신호는 소정의 기본 공진 주파수(f_0)와 이에 대한 하모닉 주파수($2f_0$)를 포함하는 가변적인 처프(chirp) 신호 또는 소정의 기본 공진 주파수(f_0)와 이에 대한 하모닉 주파수($2f_0$)를 갖는 사인 또는 코사인 신호가 혼합된 신호일 수 있다. 이 때 혼합되는 각 신호의 진폭은 서로 동일하거나 상이한 값을 가질 수 있다. 이 외에도 인가되는 신호는 전술한 예시에 국한되지 않고 초음파 변환자가 발생시킬 수 있는 주파수 대역 내에서 복수의 주파수를 갖는 다양한 신호(예를 들어, 선형 및 비선형 처프 신호 등)가 사용될 수 있다.

[0056] 도 3(b) 내지 (d)를 참조하면, 두 초점 심도간의 골은 최대 압력에서부터 -11 dB 떨어진 값을 갖는다. 종래에 제안되었던 다중심 변환자의 두 초점 간의 골은 -18.65 dB임을 고려할 때 제안된 기법을 사용할 경우 골이 최대 7.65 dB 상승될 수 있음을 확인할 수 있다.

[0057] 도 4은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자의 (a) 측면도, (b) 인가되는 초음파 신호((c) 동일) 및 변환자 구동 시 발생하는 초음파 빔의 (d) 2차원 강도 분포, (e) 측방향 강도 분포 및 (f) 측방향 강도 분포를 나타낸다.

[0058] 도 4(a) 내지 (c)를 참조하면, 본 발명의 제 2 실시예에 따른 제 1 압전소자(10) 및 제 2 압전소자(20) 각각이 서로 다른 기본 공진 주파수(f_0)를 갖도록 형성될 수 있다. 또한, 압전소자 각각이 서로 다른 기본 공진 주파수(f_0)를 갖도록 형성하기 위해 본 발명의 일 실시예에 따른 제 1 압전소자(10) 및 제 2 압전소자(20)가 각각 서로 다른 두께로 형성될 수 있다.

[0059] 도 4(a)를 참조하면, 제 2 압전소자(20)의 기본 공진 주파수가 제 1 압전소자(10)의 기본 공진 주파수의 2배가 되도록 나타내었으나, 이에 국한되지 않고 제 1 압전소자(10)의 기본 공진 주파수가 제 2 압전소자(20)의 기본 공진 주파수의 2배가 될 수 있으며, 이 외에 사용자의 목적에 따라 설계하는 각 압전소자의 기본 공진 주파수가 배수의 값을 가지지 않을 수 있다.

[0060] 또한, 도 4(b) 및 (c)를 참조하면, 본 발명의 제 2 실시예에 따른 초음파 변환자에 변환자에 인가되는 신호는 각각의 압전소자에 상응하는 기본 공진 주파수를 가지는 신호이거나 각각의 기본 공진 주파수를 혼합한 신호일 수 있다. 즉, 각 압전소자의 기본 공진 주파수에 상응하는 신호를 압전소자 각각에 인가하거나 각각의 기본 공진 주파수를 혼합한 신호를 압전소자에 인가함으로써, 초점 심도 확장의 효과를 향상시킬 수 있다. 이 때, 각각의 압전소자에 상응하는 기본 공진 주파수를 가지며 혼합되는 각 신호의 진폭은 서로 동일하거나 상이한 값을 가질 수 있다. 또한, 각각의 기본 공진 주파수를 혼합한 신호가 동시에 인가되는 경우에는 시스템이 단순화 되는 장점이 있으며, 이 경우 초음파 변환자가 자체 필터의 역할을 수행해서 각각의 소자가 갖는 공진주파수에 해당하는 신호를 송수신 할 수 있다.

[0061] 도 4(d) 내지 (f)를 참조하면, 두 초점 심도 간의 골은 사라지는 것을 확인할 수 있으며, 초점 심도는 도 1의 경우에 비해 2배 정도 증가함을 확인할 수 있다.

[0062] 도 5는 본 발명의 제 3 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자의 (a) 제 1 측면도, (b) 제 2 측면도, (c) 제 3 측면도, (d) 인가되는 초음파 신호 및 종래의 다중심 변환자 구동 시 발생하는 초음파 빔의 (e) 2차원 강도(intensity) 분포, (f) 측방향 강도 분포, (g) 측방향 강도 분포와 본 발명의 제 3 실시예에 따

른 변환자 구동 시 발생하는 초음파 빔의 (h) 2차원 강도 분포, (i) 측방향 강도 분포, (j) 측방향 강도 분포를 나타낸다.

- [0063] 도 5를 참조하면, 본 발명의 제 3 실시예에 따른 제 1 압전소자(10) 및 제 2 압전소자(20) 각각은 분극 역전된 구조를 갖고, 분극 역전된 구조에 의하여 제 1 압전소자(10) 및 제 2 압전소자(20)에서는 다중 공진 주파수가 발생 가능할 수 있다. 예를 들어, 제 1 압전소자(10)와 제 2 압전소자(20)의 기본 공진 주파수(f_0)를 가질 때 역전층 기법을 적용하여 압전소자 각각은 분극 역전된 구조를 가질 수 있으며, 이로 인해 다중 공진 주파수가 발생할 수 있다.
- [0064] 역전층 기법이란 두 개의 압전소자가 서로 반대되는 분극 방향을 갖도록 위치한 뒤 변환자 구동 시 두 개의 압전소자를 하나의 능동 소자로서 진동시키는 것을 말한다. 이 때 역전층은 전체 능동 소자의 두께 대비 얇은 두께를 갖는 층을 말하며, 능동소자를 구성하는 각 압전소자의 비율을 조절함으로써 광대역 주파수 대역폭을 획득하거나 전체 능동 소자두께에 대한 기본 공진 주파수와 이에 대한 하모닉 주파수 신호를 효율적으로 발생시킬 수 있다.
- [0065] 도 5(a) 내지 (c)는 역전층 기법이 적용된 다중심 구경 구조의 측면도를 나타낸 것으로, 제 1 압전소자(10)와 제 2 압전소자(20)는 각각 하위소자(11, 21)와 상위소자(12, 22)로 이루어져 있으며, 제 1 압전소자(10)와 제 2 압전소자(20)의 두께는 서로 동일하거나 상이하게 설계할 수 있다. 각 압전소자(10, 20) 내의 상위소자들(12, 22)과 하위소자들(11, 21)은 분극 방향이 서로 마주보도록 위치할 수 있으며, 상위소자들(12, 22) 및 하위소자들(11, 21) 사이의 두께 비율은 도 5(a) 내지 (c)의 순서대로 0.25:0.75, 0.5:0.5, 및 0.75:0.25의 비율을 나타낸다. 즉, 각 압전소자(10, 20)를 구성하는 하위소자(11, 21)와 상위소자(12, 22)의 두께 비율은 변경이 가능하며 각 압전소자(10, 20)가 갖는 하위소자(11, 21) 및 상위소자(12, 22)의 두께 비율 및 이들을 구성하는 물질은 서로 동일하거나 상이하도록 설계할 수 있다.
- [0066] 도 5(d)를 참조하면, 본 발명의 제 3 실시예에 따른 초음파 변환자에 인가되는 신호는 전체 두께에 대한 기본 공진 주파수(f_0)와 이에 대한 하모닉 주파수 신호($2f_0$) 사이를 스위핑 하는 처프 신호 또는 기본 공진 주파수 및 이에 대한 하모닉 주파수를 갖는 사인 또는 코사인 신호를 혼합한 신호일 수 있다. 이 때 혼합되는 각각의 신호의 진폭은 사용자의 목적에 따라 서로 동일하거나 상이한 진폭을 가질 수 있으며, 펄스파 또는 연속파를 선택하여 사용할 수 있다.
- [0067] 도 5(h) 내지 (j)를 참조하면, 하위소자(11, 21)와 상위소자(12, 22)의 두께 비율이 0.25:0.75인 다중심 초음파 변환자에 도 5(d)에서 나타낸 기본 공진 주파수(f_0)와 이에 대한 하모닉 주파수($2f_0$)가 혼합된 신호를 인가하였을 때, 두 초점 심도간의 골은 -5.5 dB의 값을 갖는다. 도 5(e) 내지 (g)에 나타난 종래의 일반적인 다중심 변환자의 두 초점 심도간의 골은 -17.4 dB로, 제안된 역전층 기법을 사용할 경우 골의 깊이를 약 12 dB 상승시킬 수 있다.
- [0068] 도 6은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자의 구동 시 발생하는 초음파 빔의 강도 분포의 예로서, 비선형적으로 가변하는 처프 신호를 사용했을 때 매질에서 발생하는 초점 영역의 이동을 시간에 따라 나타낸 것이다. 원활한 비교를 위해 각 영상은 영상에서 가지고 있는 최대값으로 정규화되었다.
- [0069] 또한, 도 7는 도 6에 대한 연장선으로 처프 신호를 사용했을 때 발생하는 초음파 빔의 강도 분포의 또 다른 예로서, 소정의 시간 동안 매질에서 발생하는 압력 분포 영상을 저장한 뒤, 저장된 각 영상이 갖고 있는 압력분포를 비교하여 최대값을 추출한 2차원 초음파 강도 분포, 측방향 및 측방향 강도 분포를 나타낸다.
- [0070] 도 6 및 도 7을 참조하면, 본 발명의 제 3 실시예에 따른 초음파 변환자에 다중 공진 주파수 사이를 스위핑 하는 처프신호가 인가됨으로써, 공통된 초점의 영역이 소정의 범위 내에서 이동 가능할 수 있다. 즉, 기본 공진 주파수(f_0)를 갖는 다중심 구경 구조에 역전층 기법을 적용하여 기본 공진 주파수 및 이에 대한 하모닉 주파수가 발생하도록 형성된 초음파 변환자에 기본 공진 주파수와 이에 대한 하모닉 주파수 사이를 스위핑하는 처프 신호를 인가할 수 있으며, 이 때 사용되는 처프 신호의 주파수는 선형 또는 비선형적으로 가변될 수 있고, 주파수의 변화는 매질에서 발생하는 초점 영역의 이동을 유발할 수 있다. 따라서, 기본 공진 주파수와 이에 대한 하모닉 주파수 사이를 스위핑하는 처프 신호를 사용할 경우, 시간에 따라 초음파 변환자 송신 신호의 주파수가 변화하고 이로 인해 초점 영역이 일정 범위 내에서 이동하게 될 수 있다.
- [0071] 도 7을 참조하면, 일정 시간 동안 초점 영역의 이동에 따른 매질에서 발생하는 전체 초점 영역의 크기를 알 수

있으며, 초점 영역 내에 발생하는 굴은 최대 압력 값에서 -6 dB 떨어진 값으로 종래의 다중심 구경 구조 및 구동 방법에서 발생하는 초점 영역 내의 굴보다 11 dB 더 높은 값을 가짐을 확인할 수 있다. 즉, 다중 공진 주파수를 가질 수 있는 역전층 기법이 적용된 다중심 초음파 변환자에 처프 신호를 인가할 경우 다중 초점 사이의 굴을 최소화할 수 있으며, 이는 진단용 초음파 영상에서 균일한 영상의 질을 제공할 수 있다. 이 외에도 치료용 초음파에서 초점 영역이 전후로 반복해서 이동함으로써, 고강도 집속 초음파 치료시 정상 조직으로의 열 확산을 방지하기 위한 쿨링 프로세스를 자연스럽게 구현할 수 있다.

[0072] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자의 구조의 또 다른 예를 나타낸 것으로, (a) 내지 (c)는 본 발명의 일 실시예로써 제안된 변환자 구조에 추가적으로 흡음층(30) 또는 정합층(40)을 각각 부착하거나 동시에 부착한 구조를 나타내며, (d) 및 (e)는 공통된 초점을 갖도록 하기 위해 프레스트 포커싱 방법 이외에 오목렌즈(50) 또는 볼록렌즈(60)가 부착된 구조를 나타낸다.

[0073] 도 8은 도 5에서 나타낸 초음파 변환자의 구조를 이용하여 나타내었으나, 이에 국한되지 않고 전술한 도면에 나타난 모든 구조를 이용하여 나타낼 수 있다.

[0074] 도 8(a) 내지 (c)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 변환자의 성능 향상을 위해 정합층(40) 또는 흡음층(30) 중 적어도 하나 이상이 더 포함될 수 있다. 즉, 제 1 압전소자(10) 및 제 2 압전소자(20)의 전면 또는 후면에 정합층(40) 또는 흡음층(30) 또는 정합층(40) 및 흡음층(30) 모두가 추가적으로 부착될 수 있으며, 이를 통해 초음파 빔의 세기 및 집속점을 조절할 수 있다.

[0075] 도 8(d) 및 (e)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 변환자에 프레스트 포커싱 기법이 적용되거나 오목렌즈(50) 또는 볼록렌즈(60)가 부착됨으로써, 제 1 압전소자(10) 및 제 2 압전소자(20)가 공통된 초점을 가질 수 있다. 또한, 오목렌즈(50) 또는 볼록렌즈(60)가 부착된 경우에도 도 8(a) 내지 (c)와 마찬가지로 제 1 압전소자(10) 및 제 2 압전소자(20)의 전면 또는 후면에 정합층(40) 또는 흡음층(30) 중 적어도 하나 이상이 부착될 수 있으며, 이를 통해 초음파 빔의 세기 및 집속점의 조절이 가능할 수 있다.

[0076] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 제 1 압전소자(10) 및 적어도 하나 이상의 제 2 압전소자(20) 각각이 서로 소정의 거리를 두고 배치됨으로써 제 1 압전소자(10) 및 적어도 하나 이상의 제 2 압전소자(20) 각각의 사이에는 공간이 형성되며, 이 공간은 비어있거나 비전도성 물질로 채워져 있을 수 있다. 이 때, 각각의 압전소자 간의 소정의 거리는 사용자의 목적에 따라 자유롭게 조절이 가능하며, 이는 초점의 형태 조절 및 축역의 크기에 영향을 미칠 수 있다.

[0077] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 변환자의 구조의 추가적인 변형의 예로서, (a) 복수개의 압전소자의 정면도 및 (b) 복합체 구조가 형성된 압전소자의 정면도를 나타낸다.

[0078] 도 9(a)를 참조하면, 본 발명에 일 실시예에 따른 초음파 변환자는 하나의 원 형태로 형성된 제 1 압전소자(10) 및 하나 이상의 링 형태로 형성된 제 2 압전소자(20)를 포함할 수 있다. 즉, 초음파 변환자를 구성하는 압전소자가 총 N개라고 했을 때, 이는 하나의 원 형태의 압전소자와 N-1개의 링 형태의 압전소자를 갖는 것을 의미한다.

[0079] 또한, 도 9(b)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 제 1 압전소자(13) 또는 제 2 압전소자(23) 중 적어도 하나 이상이 복합체 구조를 가질 수 있다. 예를 들어, 각각의 압전소자에는 1-3 복합체 구조가 적용될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0080] 본 발명의 일 실시예에 따른 제 1 압전소자(10) 및 제 2 압전소자(20) 각각은 서로 동일하거나 서로 다른 물질로 형성될 수 있다. 즉, 초음파 변환자에 포함되는 각 압전소자의 물질을 다양하게 구성할 수 있으며, 도 9(a)와 같이 압전소자가 총 N개라고 했을 때, N개의 압전소자 각각이 서로 동일하거나 서로 다른 물질로 형성될 수 있다.

[0081] 본 발명의 일 실시예에 따른 제 1 압전소자(10) 및 제 2 압전소자(20) 각각은 사용자의 목적에 따라 크기 조절이 가능하다. 이때, 크기는 압전소자 각각의 직경 동일 수 있으며, 이는 전술한 제 1 압전소자(10) 및 적어도 하나 이상의 제 2 압전소자(20) 각각의 사이에 형성되는 공간의 크기에도 영향을 미칠 수 있다. 또한, 제 1 압전소자(10) 및 제 2 압전소자(20) 각각이 분극 역전된 구조를 가지는 경우, 압전소자 각각에 포함된 상위소자 및 하위소자의 크기에 따라 제 1 압전소자(10) 및 제 2 압전소자(20)의 크기 조절이 이루어질 수 있다.

[0082] 도 10은 다중 주파수를 이용했을 때 두 초점 심도의 굴이 최소화되는 원리를 설명하기 위해 나타낸 그래프이다. 도 10(a)는 종래의 다중심 구경 구조 및 구동 방법을 이용했을 때 매질에서 발생하는 축방향 압력 값을 나타내

며, 도 10(b)는 도 5에서 나타난 초음파 변환자 및 인가 신호를 사용했을 때 매질에서 발생하는 축방향 압력 값을 나타낸다. 각 그래프는 원활한 비교를 진행하기 위해 최대값으로 정규화 되었으며, 도 10(a)와 (b)를 비교 시, 다중 주파수를 이용했을 때 초점 심도가 확장되는 효과와 더불어 두 초점 심도 사이의 골이 최소화 되는 것을 확인할 수 있다.

- [0083] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 시스템을 나타낸 블록도이다.
- [0084] 도 11을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 시스템에는, 전술한 초음파 변환자, 초음파 변환자를 구동시키기 위한 전기적 신호를 발생시키는 신호 발생부(100), 발생된 신호의 위상을 조절하기 위한 위상 제어부(200), 위상이 조절된 신호를 증폭하기 위한 신호 증폭부(300) 및 증폭된 신호를 초음파 변환자에 인가시키기 위한 신호 송신부(400)가 포함될 수 있다.
- [0085] 예를 들어, 신호 발생부(100)를 통해 생성된 신호는 (예컨대, 상기 기술된 신호와 같이 처프 신호나, 서로 다른 주파수 대역을 갖는 신호가 혼합된 신호, 또는 서로 다른 기본 공진 주파수를 갖는 압전소자에 대해 이에 상응하는 각각의 기본 공진 주파수를 갖는 신호 등) 다중 주파수를 포함하는 모든 신호가 될 수 있다. 발생하는 신호는 신호 증폭부(300)를 통해 각각의 압전소자에 인가될 신호의 진폭이 결정될 수 있으며, 이후 신호 송신부(400)를 각 신호가 압전소자에 인가될 수 있다. 인가된 신호는 변환자를 통해 초음파 신호로 변환되어 매질 내로 조사될 수 있다.
- [0086] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 신호 발생부(100), 위상 제어부(200), 신호 증폭부(300) 및 신호 송신부(400)는 각각 초음파 변환자의 압전소자마다 형성되거나 초음파 변환자의 압전소자를 그룹핑하여 생성된 그룹마다 형성될 수 있다. 즉, 위상 제어부(200), 신호 증폭부(300), 신호 송신부(400)는 초음파 변환자가 가지고 있는 압전소자 수에 상응하거나 더 적은 수를 가질 수 있다. 예를 들어, 전체 압전소자의 개수를 N개라고 했을 때, 각각의 위상 제어부(200), 신호 증폭부(300), 신호 송신부(400)는 최대 N개까지 가질 수 있으며, 사용자의 편의에 따라 소정의 압전소자를 그룹핑하여 묶음으로써 각 모듈을 N개 이하로 사용할 수 있다.
- [0087] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 의해 초음파 진단용 영상에 적용 시 획득 가능한 컴퓨터 모사 실험 결과의 예를 나타낸다. 도 12(a)는 종래의 단일소자 초음파 변환자의 컴퓨터 모사 실험 결과를 나타내며, 도 12(b)는 다중심 초음파 변환자에 위상 역전된 신호를 인가한 결과, 그리고 도 12(c)는 본 발명의 일 실시예에 따른 다중심 초음파 변환자에 위상 역전된 다른 주파수의 신호들을 인가한 결과를 나타낸다. 도 12(b)에서는 두 개의 초점 영역 발생으로 초점 심도가 도 12(a)보다 확대되었으나 두 개의 초점 사이, 즉 6 mm 지점의 포인트 타겟에서는 상대적으로 강도가 낮아지고 측엽(side-lobe)이 증가한 것을 알 수 있다. 반면에 본 발명의 일 실시예에 따른 도 12(c)에서는 6 mm 지점의 포인트 타겟이 초점 주변의 다른 타겟들과 유사한 강도를 가지고 있으며 도 12(a)와 비교했을 때 유사한 측엽의 크기를 가짐을 확인할 수 있다. 따라서 종래의 다중심 초음파 변환자를 이용한 기법에서 발생하는 비균일한 초음파 강도 문제가 해결되었음을 확인할 수 있다. 즉, 본 발명의 일 실시예에 의하면 초점 심도 영역에 에너지가 균형적으로 분포되어 균일한 감도의 영상을 획득할 수 있으며, 원거리 영역에서 신호대 잡음비가 기존 구조에 비해 향상됨을 확인할 수 있다.
- [0088] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 시스템을 나타낸 블록도의 또 다른 예이다.
- [0089] 도 13을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 초음파 시스템에는, 초음파 영상 구현을 위한 송수신 스위치(500), 송수신 스위치(500)를 통해 인가된 신호를 수신하기 위한 신호 수신부(600), 상시 수신된 신호를 증폭하기 위한 수신신호 증폭부(700), 주파수 컴파운딩 영상 구현을 위한 영상 처리부(800) 및 디스플레이부(900)가 더 포함될 수 있으며, 위상차이를 가지고 송신된 고주파수 및 저주파수 초음파가 송수신 스위치(500)를 통해 혼합되어 동시에 수신될 수 있다. 이를 통해 진단용 영상 시스템을 구현할 수 있으며, 고주파수 및 저주파수 초음파 신호가 동시에 수신되므로 한번 송수신으로 주파수 컴파운딩 영상 효과를 획득할 수 있으며, 별도로 신호처리부에서 각각의 주파수 성분을 필터를 사용해서 분리 한 후 가중치를 고려해서 합치는 과정을 통해서도 주파수 컴파운딩 영상 구현이 가능할 수 있다.
- [0090] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 초점 심도 확장을 위한 방법의 순서도이다.
- [0091] 도 14를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 시스템을 이용하여 초음파 초점 심도를 확장하는 방법은, 초음파 시스템의 신호 발생부(100)에 의해 다중 주파수를 포함하는 신호가 생성되는 단계(S100), 생성된 신호의 위상이 위상 제어부(200)에 의해 조절되는 단계(S200), 위상이 조절된 신호의 진폭값이 신호 증폭부(300)에 의해 결정되는 단계(S300) 및 진폭값이 결정된 신호가 신호 송신부(400)를 통해 전술한 초음파 변환자에 인가되어 다중 주파수를 갖는 초음파 신호가 발생하는 단계(S400)를 포함할 수 있다.

- [0092] 도 3(a)을 참조하면, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 다중 주파수를 포함하는 신호에는 소정의 기본 공진 주파수(f_0)와 기본 공진 주파수(f_0)에 대한 하모닉 주파수가 서로 혼합된 신호 또는 기본 공진 주파수(f_0)와 기본 공진 주파수(f_0)에 대한 하모닉 주파수를 모두 포함하는 처프 신호가 포함될 수 있다.
- [0093] 도 4(b) 및 (c)를 참조하면, 본 발명의 제 2 실시예(초음파 변환자의 압전소자들(10, 20) 각각이 서로 다른 기본 공진 주파수를 가지는 경우)에 따른 다중 주파수를 포함하는 신호에는 초음파 변환자의 압전소자들(10, 20) 각각의 기본 공진 주파수를 포함하는 신호 또는 기본 공진 주파수가 모두 혼합된 신호가 포함될 수 있다. 이때, 초음파 변환자의 압전소자들(10, 20) 각각의 기본 공진 주파수를 포함하는 신호가 초음파 변환자에 인가되는 경우, 압전소자들(10, 20) 각각에 압전소자들(10, 20) 각각의 기본 공진 주파수에 해당하는 신호가 개별적으로 인가될 수 있다.
- [0094] 도 5(d)를 참조하면, 본 발명의 제 3 실시예(초음파 변환자의 압전소자들(10, 20)이 각각 분극 역적된 구조를 갖는 경우)에 따른 다중 주파수를 포함하는 신호에는 초음파 변환자의 압전소자들(10, 20)의 각각의 다중 공진 주파수가 서로 혼합된 신호 또는 다중 공진 주파수를 모두 포함하는 처프 신호가 포함될 수 있다. 즉, 초음파 변환자의 압전소자들(10, 20)은 각 하위소자(11, 21) 및 상위소자(12, 22)의 비율에 따라 각기 다른 다중 공진 주파수를 가질 수 있으므로, 이러한 경우 초음파 변환자에 인가될 다중 주파수를 포함하는 신호는 각 압전소자들의 다중 공진 주파수가 서로 혼합된 신호 또는 다중 공진 주파수를 모두 포함하는 처프 신호일 수 있다.
- [0095] 본 발명의 일 실시예에 따른 생성된 신호의 위상이 위상 제어부(200)에 의해 조절되는 단계(S200)에서는, 초음파 변환자에 인가될 신호 간에 0도부터 180도 범위 내에서의 상호 위상차를 갖도록 생성된 신호의 위상값이 결정될 수 있다. 예를 들어, 전체 압전소자의 개수를 N개라고 했을 때 N개의 압전소자 각각에 인가되는 신호의 위상은 0도 내지 180도 범위 내에서 상호 위상차를 가지도록 위상 제어부(200)를 통해 결정될 수 있다.
- [0096] 본 발명의 일 실시예에 따라 전술한 도면 및 설명에서 확인할 수 있는 결과는 두 개의 압전 소자로 구성된 다중심 초음파 변환자 구조에 180도 반전된 두 개의 신호가 인가되는 경우에 대한 것이다.
- [0097] 본 발명의 일 실시예에 따른 위상이 조절된 신호의 진폭값이 신호 증폭부(300)에 의해 결정되는 단계(S300)에서는, 초음파 변환자에 인가될 신호 간에 서로 동일하거나 서로 다른 진폭값을 갖도록 위상이 조절된 신호의 진폭값이 결정될 수 있다. 다시 말해서, 전술한 제 1 실시예, 제 2 실시예 및 제 3 실시예에 따른 다중 주파수를 포함하는 신호에 포함되는 복수의 신호들은 서로 동일하거나 서로 다른 진폭값을 가질 수 있으며, 공진 주파수가 혼합된 신호의 경우 각 구성 신호들의 진폭값 역시 서로 동일하거나 서로 상이할 수 있다.
- [0098] 본 발명의 일 실시예에 따른 처프 신호는 선형 또는 비선형 처프 신호일 수 있다. 다시 말해서, 처프 신호는 선형 또는 비선형적으로 주파수가 변화할 수 있고, 이러한 처프 신호는 전술한 초음파 변환자에 인가되어 초점 심도 확장 시 발생할 수 있는 불연속성의 문제를 해소하고 초점의 이동을 가능하도록 할 수 있다.
- [0099] 본 발명의 일 실시예에 따른 방법과 관련하여서는 전술한 초음파 변환자 및 시스템에 대한 내용이 적용될 수 있다. 따라서, 방법과 관련하여, 전술한 변환자 및 시스템에 대한 내용과 동일한 내용에 대하여는 설명을 생략하였다.
- [0100] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0101] 본 발명의 범위는 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

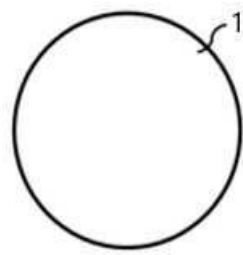
부호의 설명

- [0103] 1: 종래의 단일 압전소자
- 2: 종래의 다중심 초음파 변환자의 제 1 압전소자
- 3: 종래의 다중심 초음파 변환자의 제 2 압전소자

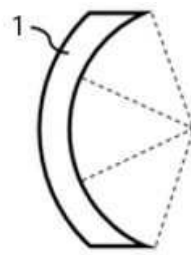
- | | |
|--------------------------|----------------------|
| 10: 제 1 압전소자 | 11: 제 1 압전소자의 하위소자 |
| 12: 제 1 압전소자의 상위소자 | |
| 13: 복합체 구조가 적용된 제 1 압전소자 | |
| 20: 제 2 압전소자 | 20-1: 두번째 제 2 압전소자 |
| 21: 제 2 압전소자의 하위소자 | 22: 제 2 압전소자의 상위소자 |
| 23: 복합체 구조가 적용된 제 2 압전소자 | |
| 30: 흡음층 | 40: 정합층 |
| 50: 오목렌즈 | 60: 볼록렌즈 |
| 100: 신호 발생부 | 200: 위상 제어부 |
| 300: 신호 증폭부 | 400: 신호 송신부 |
| 500: 송수신 스위치 | 600: 신호 수신부 |
| 700: 수신신호 증폭부 | 800: 영상 처리부 |
| 801: 신호 처리부 | 802: 주파수 컴파운딩 영상 처리부 |
| 900: 디스플레이부 | |

도면

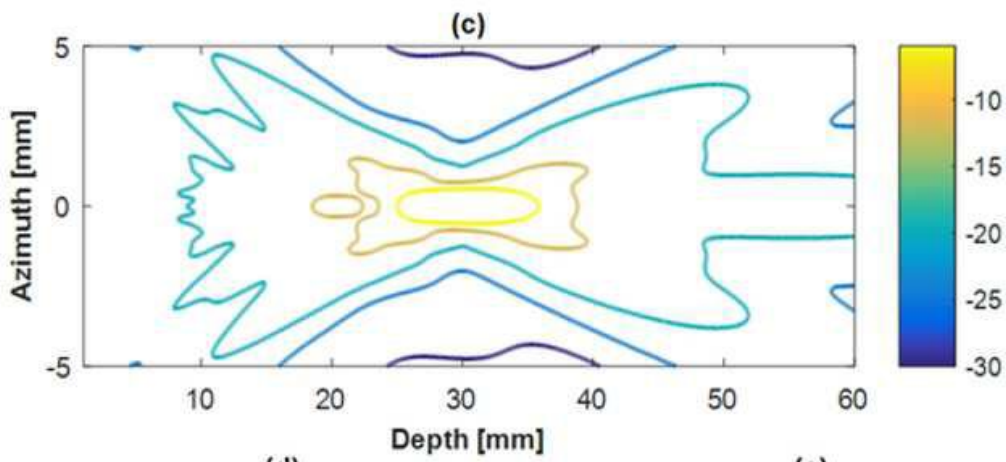
도면1



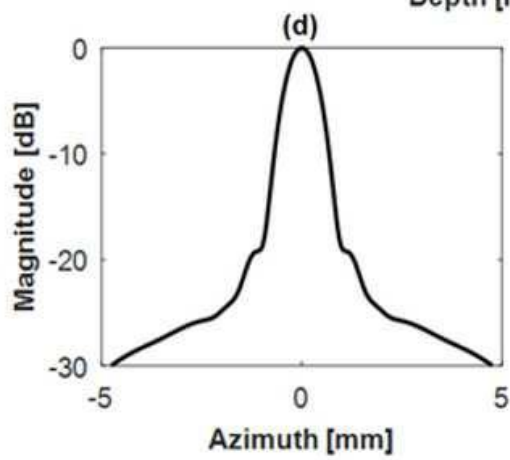
(a)



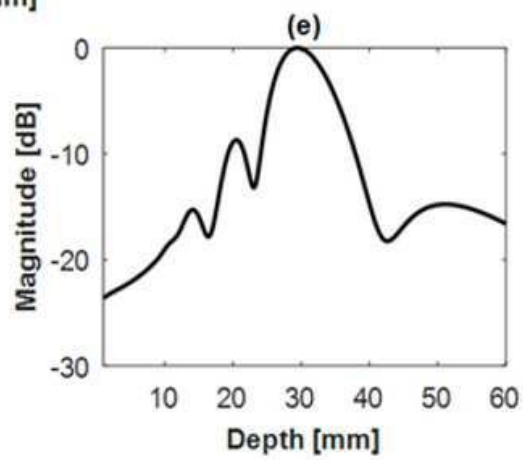
(b)



(c)

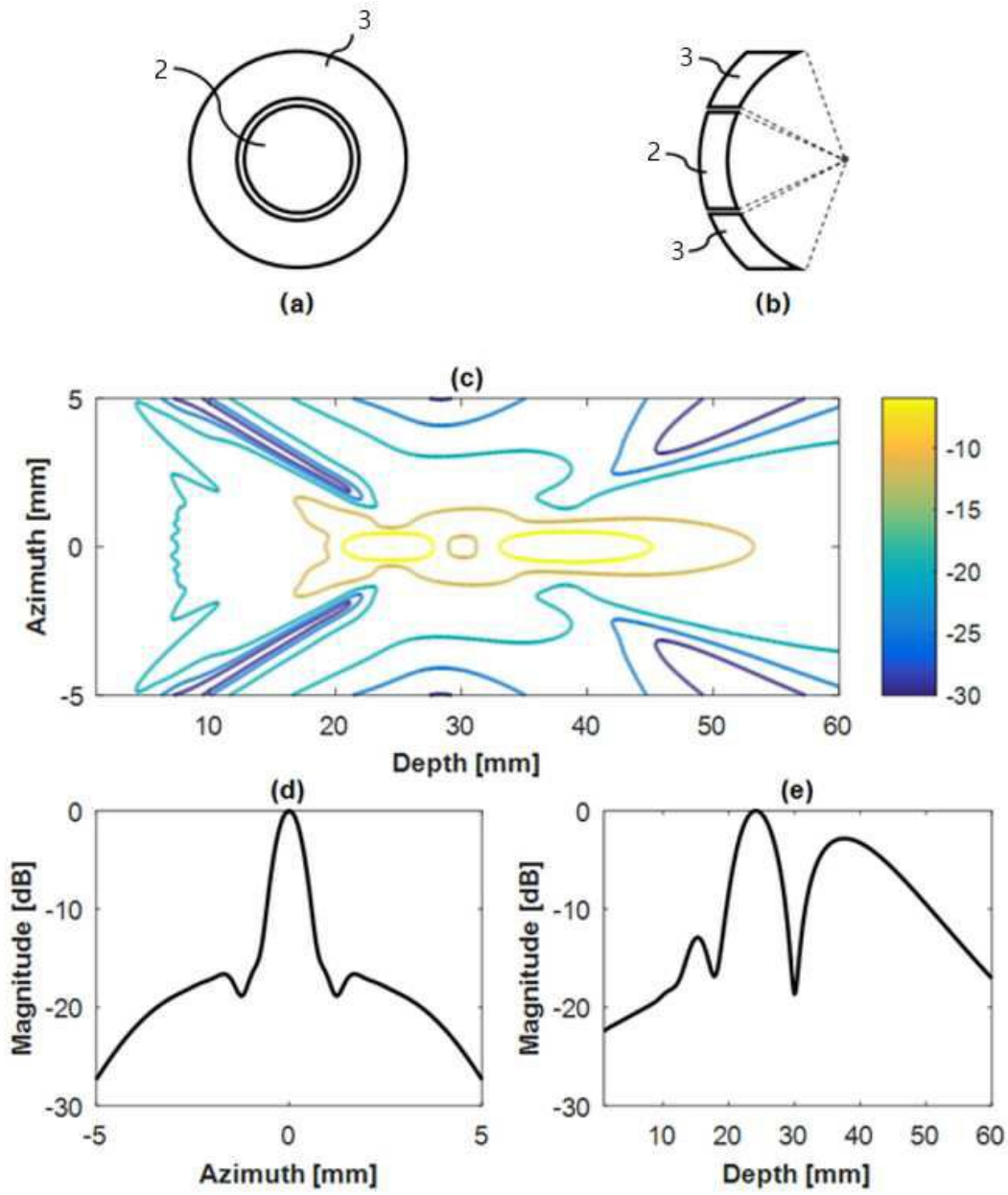


(d)

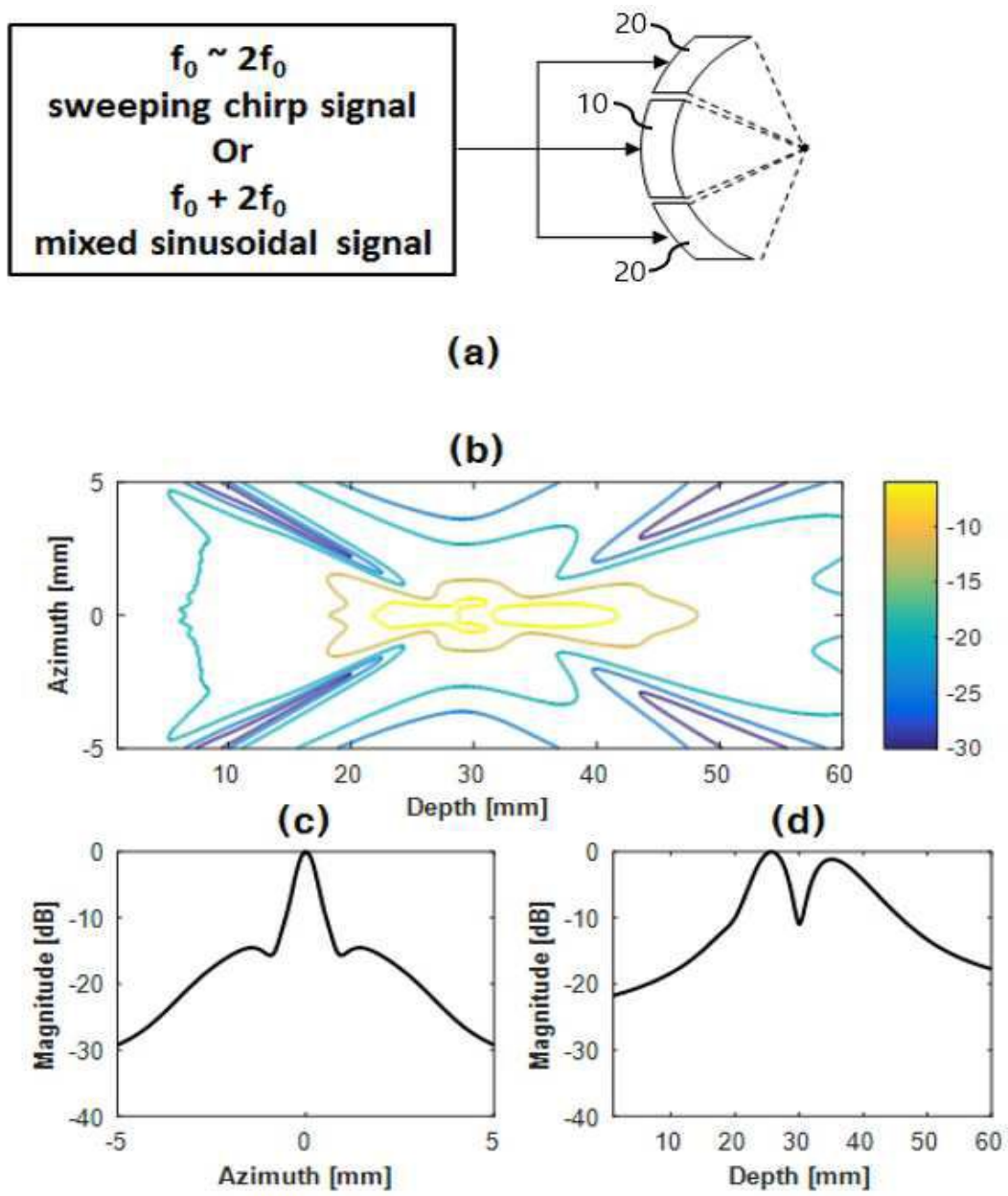


(e)

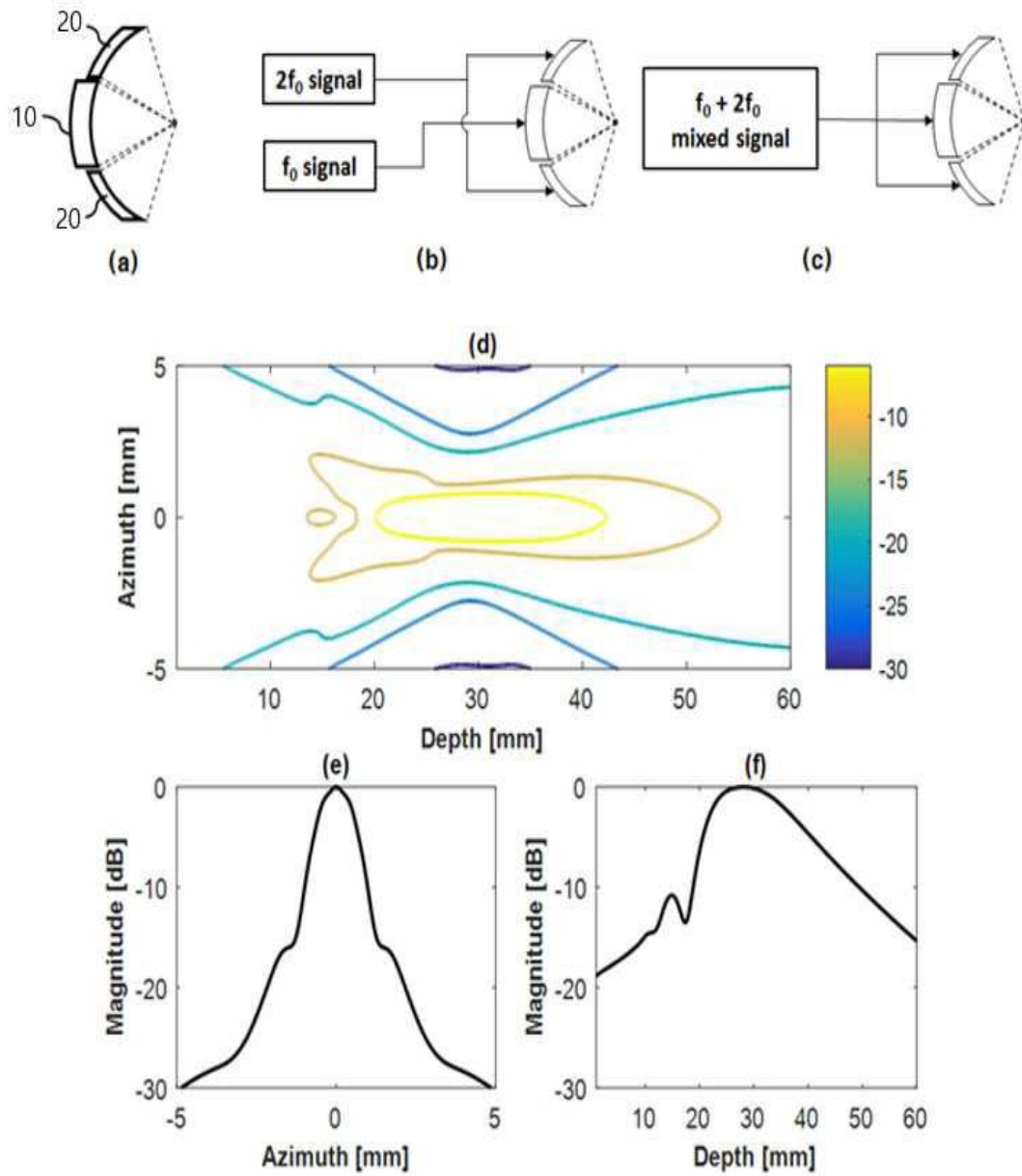
도면2



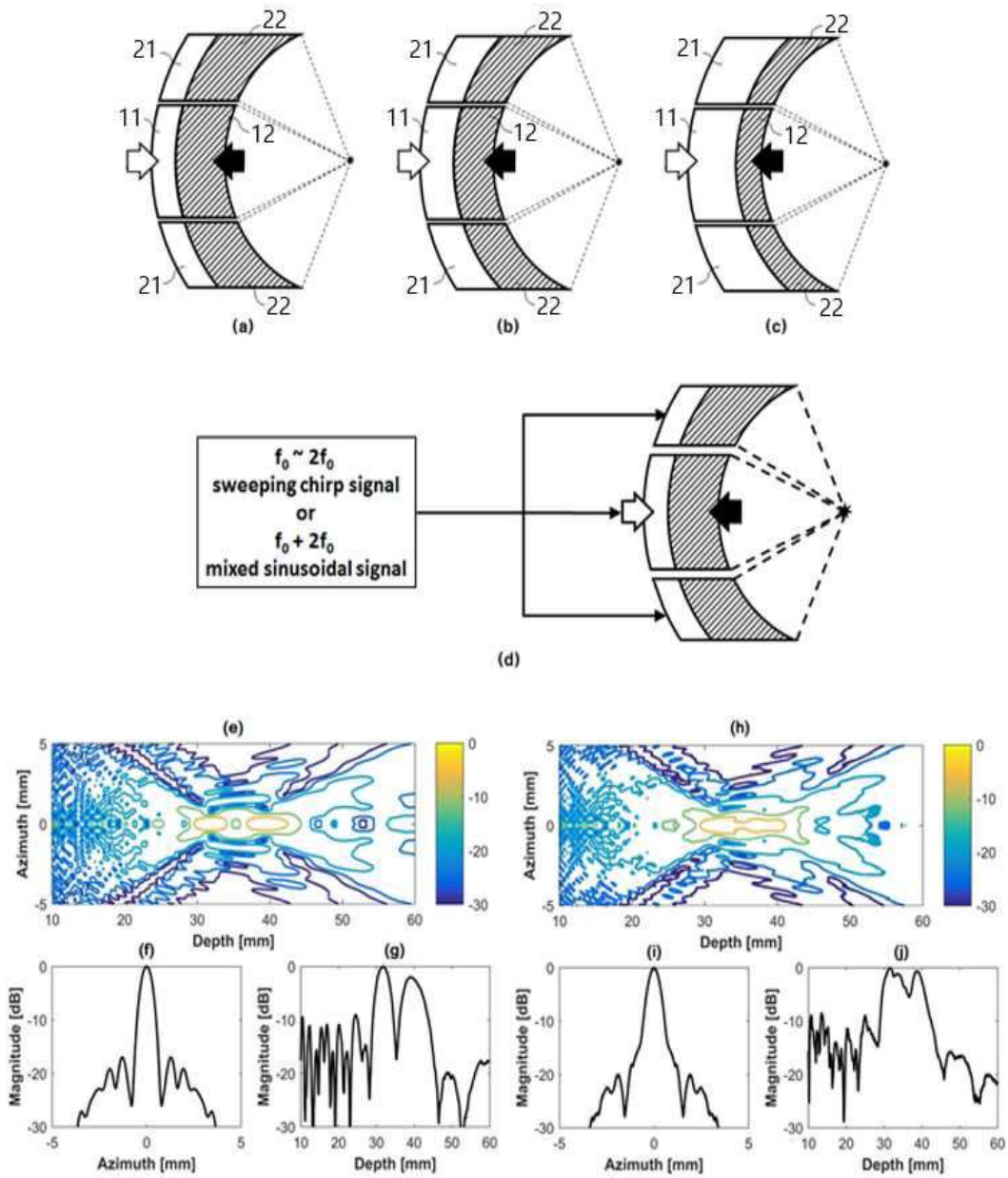
도면3



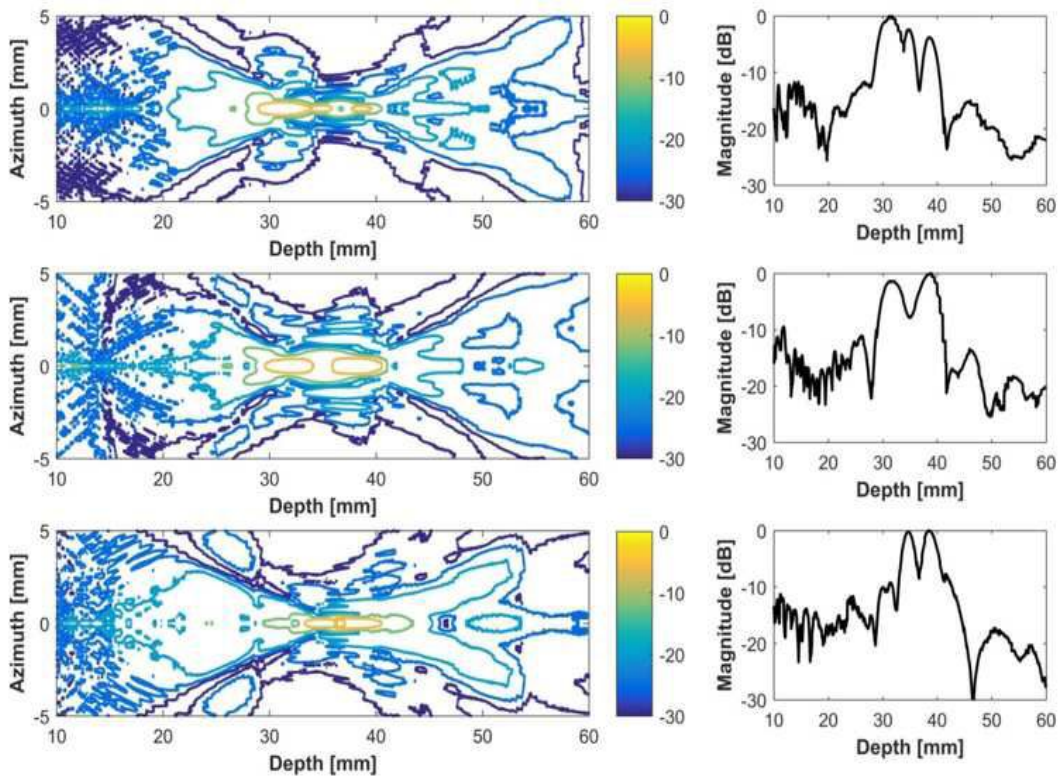
도면4



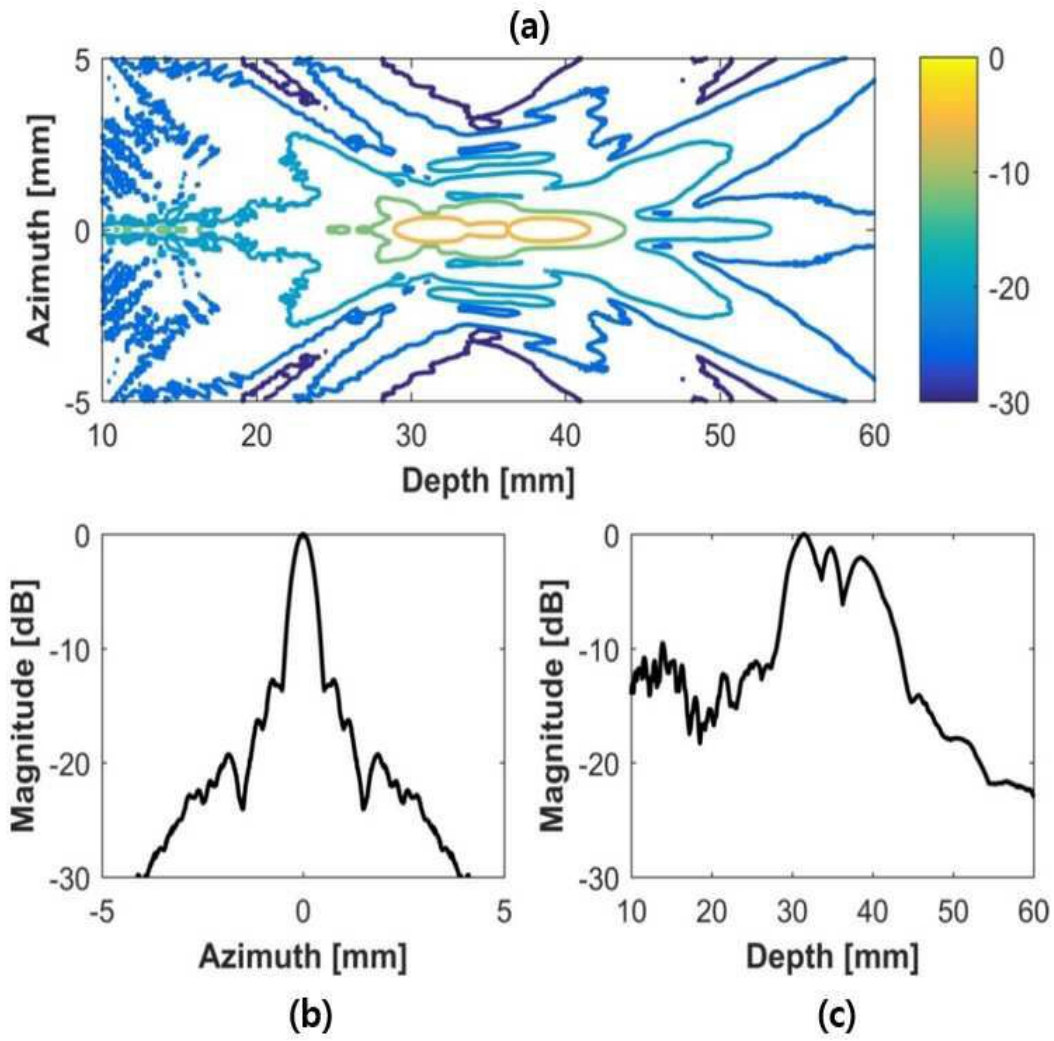
도면5



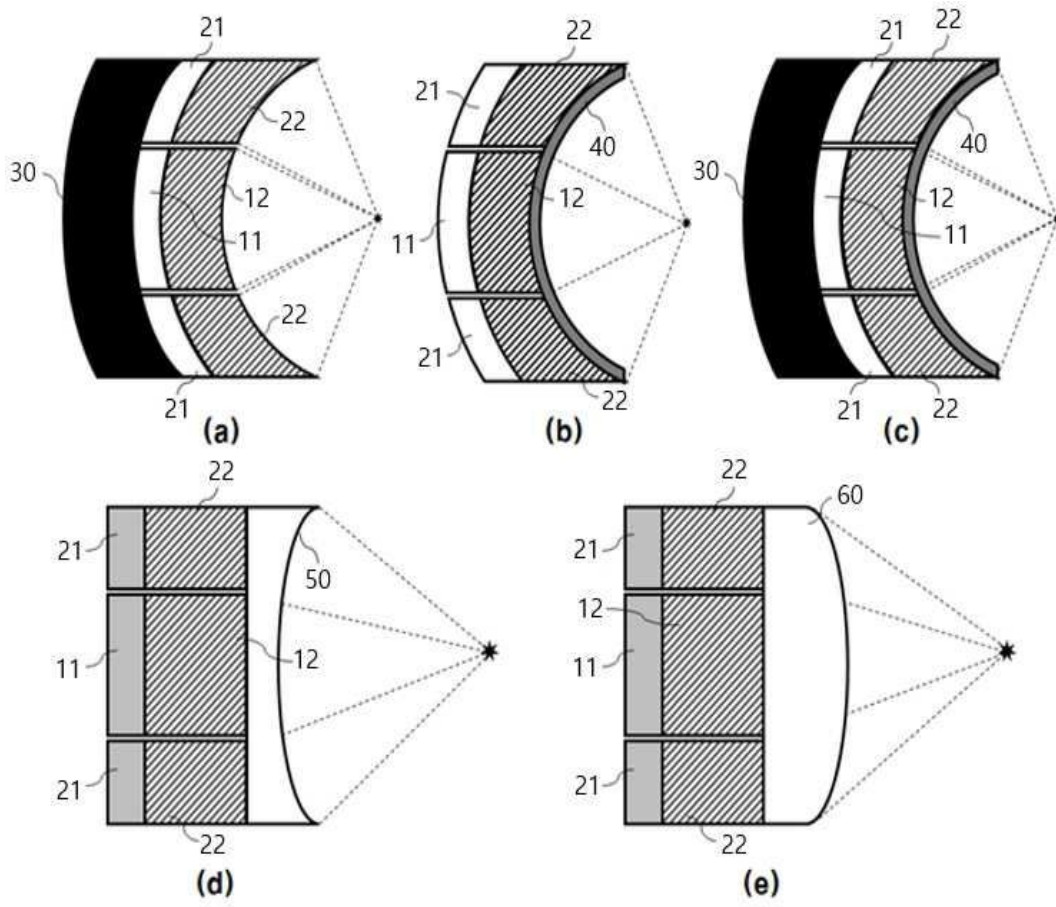
도면6



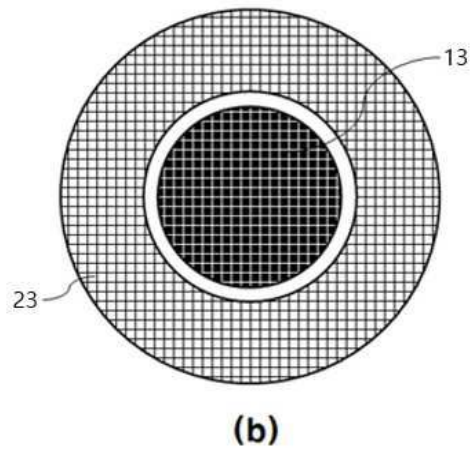
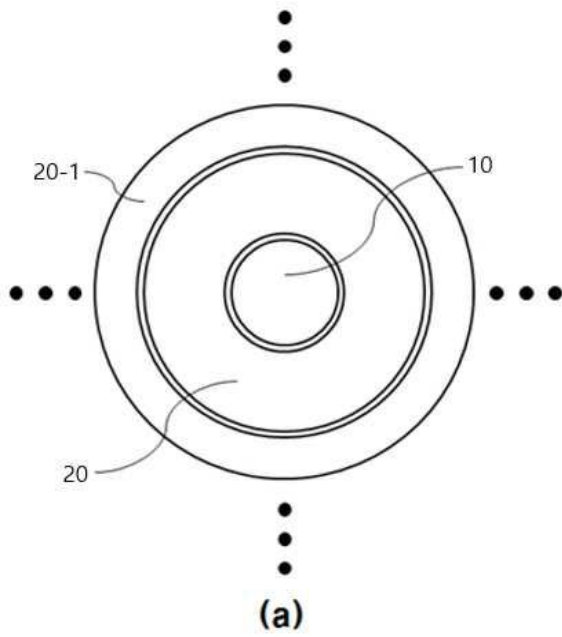
도면7



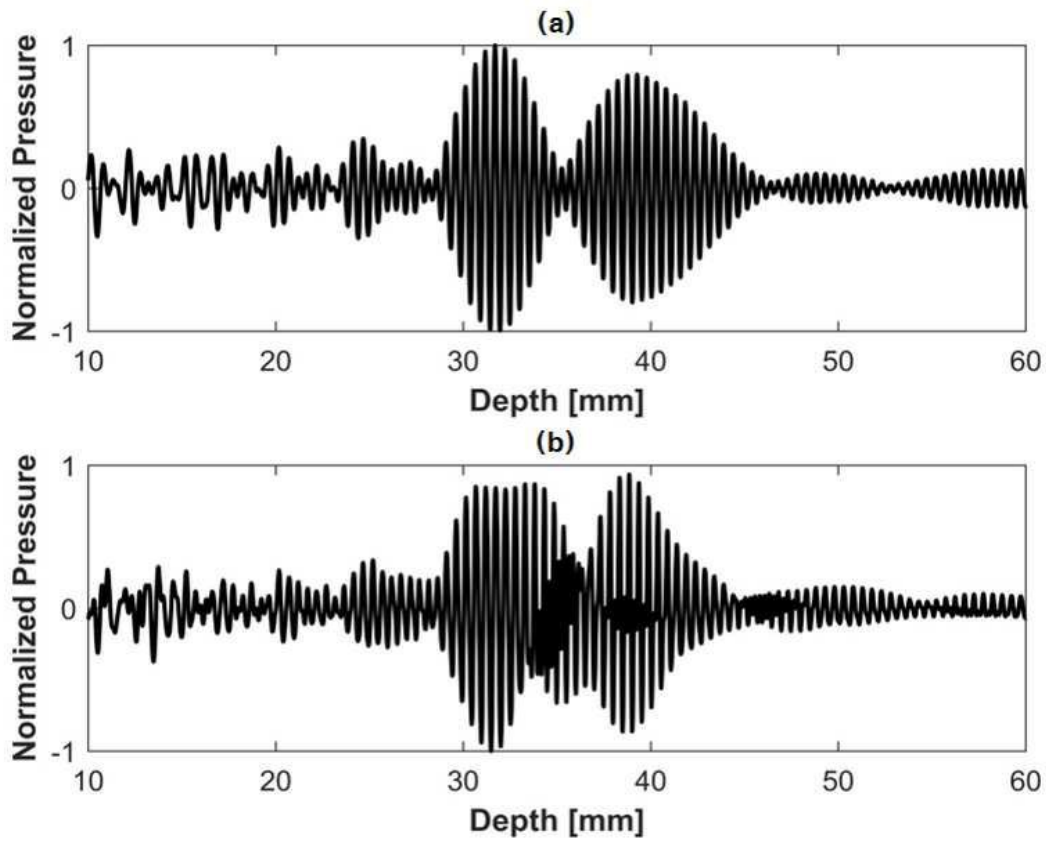
도면8



도면9



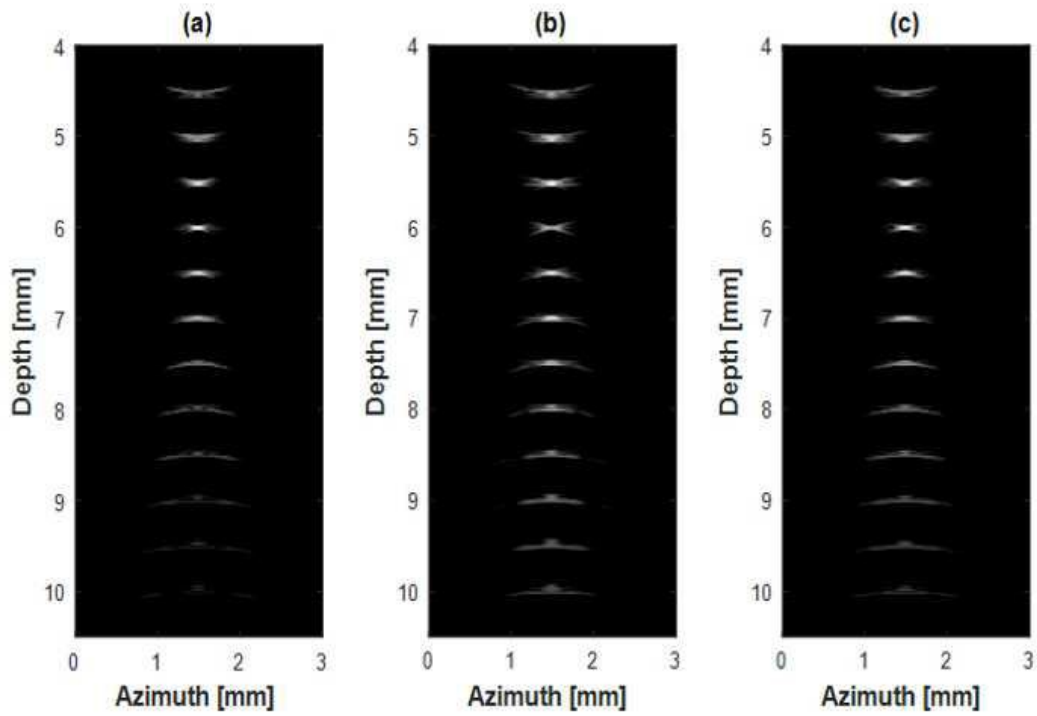
도면10



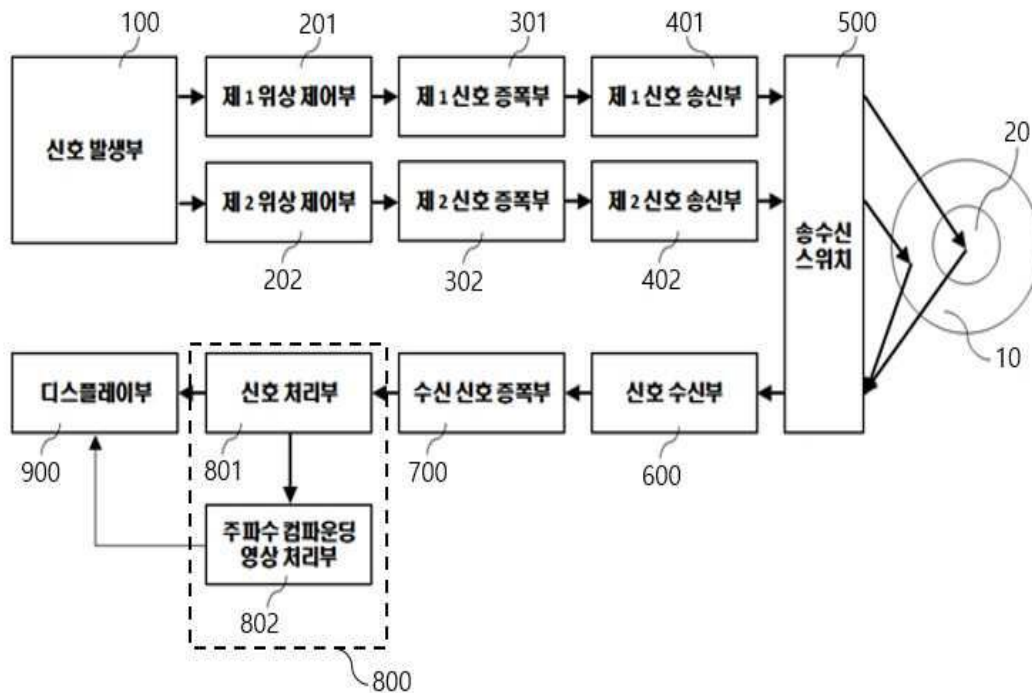
도면11



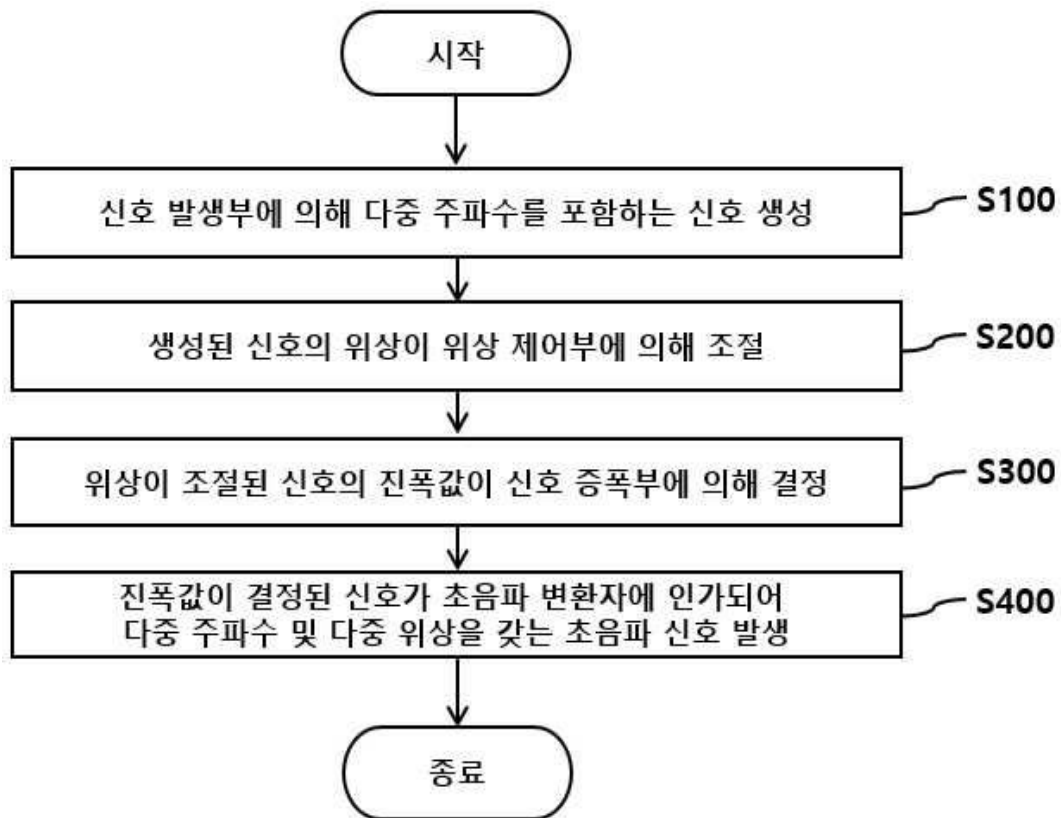
도면12



도면13



도면14



专利名称(译)	超声换能器，用于扩展超声聚焦深度的系统和方法		
公开(公告)号	KR101962039B1	公开(公告)日	2019-03-25
申请号	KR1020170156845	申请日	2017-11-22
申请(专利权)人(译)	东国大学学术合作		
当前申请(专利权)人(译)	东国大学学术合作		
[标]发明人	정중섭 성진호		
发明人	정중섭 성진호 권다솔		
IPC分类号	B06B1/06 A61B8/00		
CPC分类号	B06B1/0607 A61B8/4494 B06B2201/76		
代理人(译)	专利法的胡话		
审查员(译)	Gimjongcheon		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

超声波转换器，系统和方法技术领域本发明涉及用于扩大超声波的焦点深度的超声波转换器，系统和方法。根据本发明的实施例，用于扩展超声波的焦点深度的超声转换器包括：圆形的第一压电元件，其布置在超声转换器的中心；以及圆形的第二压电元件。至少一个环状的第二压电元件与基于第一压电元件的第一压电元件具有共同的焦点。而且，通过第一压电元件和第二压电元件中的每一个，对于具有不同频率和相位的超声信号，可以在公共电极上同时彼此混合，从而产生具有多个频率和预定相位差的超声波。焦点。

