



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년10월10일

(11) 등록번호 10-2586994

(24) 등록일자 2023년10월04일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61N 7/02 (2006.01) A61B 8/00 (2006.01)
A61N 7/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
A61N 7/02 (2013.01)
A61B 8/4209 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7005940(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2014년02월28일
심사청구일자 2022년03월21일
- (85) 번역문제출일자 2022년02월22일
- (65) 공개번호 10-2022-0028167
- (43) 공개일자 2022년03월08일
- (62) 원출원 특허 10-2021-7005457
원출원일자(국제) 2014년02월28일
심사청구일자 2021년03월22일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2014/019633
- (87) 국제공개번호 WO 2014/137835
국제공개일자 2014년09월12일
- (30) 우선권주장
61/774,785 2013년03월08일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
US20020082528 A1
US20090230823 A1
KR1020110091832 A
US20050240127 A1

- (73) 특허권자
얼테라, 인크
미국, 85204 애리조나, 메사, 스위트 200, 사우쓰
스타플레이 드라이브 1840
- (72) 발명자
에머리, 찰스 디.
미국, 아리조나 85206, 길버트, 이. 로하이드 스
트리트 2601.
- (74) 대리인
특허법인이지

전체 청구항 수 : 총 20 항

심사관 : 민아름

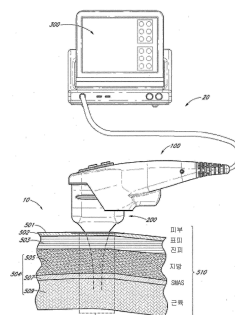
(54) 발명의 명칭 다수의 응고점들 초음파 치료를 위한 장치 및 방법

(57) 요약

피부과 미용 치료 및 이미지 시스템 및 방법의 실시예는 동시 또는 실질적으로 동시에 다중 미용 치료 존을 조직에 생성하는 트랜스듀서의 사용을 포함할 수 있다. 시스템은 핸드 완드, 탈착 가능한 트랜스듀서 모듈, 제어 모듈, 및/또는 그래픽 유저 인터페이스를 포함한다. 일부 실시예에서, 미용 치료 시스템은, 브로우 리프트, 지방

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



축소, 땀 축소, 및 데콜라주 치료를 포함하는 미용 시술에 사용될 수 있다. 피부 타이팅, 리프팅 및 주름과 스트레치 마크의 개선이 제공된다.

(52) CPC특허분류

A61B 2090/378 (2016.02)

A61N 2007/0008 (2013.01)

A61N 2007/0034 (2013.01)

A61N 2007/0052 (2013.01)

A61N 2007/0095 (2013.01)

A61N 2007/027 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

하나의 초음파 트랜스듀서로부터 2개의 열 응고점들(thermal coagulation points)을 동시에 생성하기 위한 초음파 시스템으로서,

초음파 프로브를 포함하고,

상기 초음파 프로브는, 초음파 트랜스듀서를 포함하고,

상기 초음파 트랜스듀서는, 압전 물질을 포함하고,

상기 압전 물질은 복수의 부분을 포함하고,

상기 압전 물질의 복수의 부분은, 진폭 변조(amplitude modulation)를 통해 상기 압전 물질로부터 하나의 거리에 있는 2개의 위치에서 초음파 에너지를 유도하도록 구성되고,

상기 압전 물질은, 이웃하는 열 응고점으로부터 분리된 상기 2개의 열 응고점의 개별 열 응고점에게 상기 초음파 에너지를 인가함으로써, 2개의 열 응고점들을 동시에 생성하도록 구성되는, 초음파 시스템.

청구항 2

하나의 초음파 트랜스듀서로부터 2개의 열 응고점들(thermal coagulation points)을 동시에 생성하기 위한 초음파 시스템으로서,

초음파 프로브를 포함하고,

상기 초음파 프로브는, 초음파 트랜스듀서를 포함하고,

상기 초음파 트랜스듀서는, 압전 물질을 포함하고,

상기 압전 물질은, 복수의 부분을 포함하고,

상기 압전 물질의 복수의 부분은, 폴링(poling)을 통해 상기 압전 물질로부터 하나의 거리에 있는 2개의 위치에서 초음파 에너지를 유도하도록 구성되고,

상기 압전 물질은, 이웃하는 열 응고점으로부터 분리된 상기 2개의 열 응고점의 개별 열 응고점에게 상기 초음파 에너지를 인가함으로써, 2개의 열 응고점들을 동시에 생성하도록 구성되고,

상기 폴링은, 상기 압전 물질의 상기 복수의 부분으로부터 제공된 상이한 폴링 모멘트를 포함하는, 초음파 시스템.

청구항 3

하나의 초음파 트랜스듀서로부터 2개의 열 응고점들(thermal coagulation points)을 동시에 생성하기 위한 초음파 시스템으로서,

초음파 프로브를 포함하고,

상기 초음파 프로브는, 초음파 트랜스듀서를 포함하고,

상기 초음파 트랜스듀서는, 압전 물질을 포함하고,

상기 압전 물질은, 복수의 부분을 포함하고,

상기 압전 물질의 복수의 부분은, 진폭 변조(amplitude modulation) 및 폴링(poling)을 통해 상기 압전 물질로

부터 하나의 거리에 있는 2개의 위치에서, 4MHz, 7MHz 및 10MHz로 구성된 그룹으로부터 선택된 주파수에서 초음파 에너지를 유도하도록 구성되고,

상기 압전 물질은, 이웃하는 열 응고점으로부터 분리된 상기 2개의 열 응고점의 개별 열 응고점에 상기 초음파 에너지를 인가함으로써, 상기 2개의 위치에서 2개의 열 응고점들을 동시에 생성하도록 구성되고,

상기 폴링은, 상기 압전 물질의 상기 복수의 부분으로부터 제공된 상이한 폴링 모멘트를 포함하는, 초음파 시스템.

청구항 4

하나의 초음파 트랜스듀서로부터 2개의 열 응고점들(thermal coagulation points)을 동시에 생성하기 위한 조직 치료에 사용되는 초음파 시스템으로서,

초음파 프로브를 포함하고,

상기 초음파 프로브는,

핸들;

초음파 치료를 제공하기 위해 초음파 치료 기능을 작동 가능하게 제어하는 스위치; 및

초음파 트랜스듀서를 포함하고,

상기 초음파 트랜스듀서는 압전 물질을 포함하고,

상기 압전 물질은, 복수의 부분을 포함하고,

상기 압전 물질의 복수의 부분은, 진폭 변조(amplitude modulation) 및 폴링(poling)으로 구성된 그룹 중 하나 이상을 통해 동시에 초음파 에너지를 인가하도록 구성되고,

상기 초음파 에너지는, 활성화되고 상기 스위치에 작동 가능하게 연결될 때, 하나 이상의 거리에서 2개의 위치에 있는 조직의 2개의 열 응고점들을 동시에 향하고,

상기 폴링이 사용될 때에, 상기 폴링은 상기 압전 물질의 상기 복수의 부분으로부터 제공된 상이한 폴링 모멘트를 포함하는, 초음파 시스템.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 2개의 위치는, 구역(zone) 내에서 선형 시퀀스로 배치되고,

상기 압전 물질은 복수의 스트립을 포함하는, 초음파 시스템.

청구항 6

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

제1 세트의 위치는 제1 구역 내에 배치되고, 제2 세트의 위치는 제2 구역 내에 배치되며,

상기 제1 구역은 상기 제2 구역과 상이한, 초음파 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1 구역은 제1 위치 세트의 선형 시퀀스를 포함하고,

상기 제 2 구역은 제2 위치 세트의 선형 시퀀스를 포함하는, 초음파 시스템.

청구항 8

제1항, 제3항 및 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 초음파 트랜스듀서는, 진폭 변조를 사용하여 초음파 에너지를 인가하도록 구성되어,

상기 압전 물질의 복수의 부분이 복수의 진폭의 음향 강도에서 초음파 에너지를 방출하도록 구성되며,

상기 복수의 진폭은 제1 진폭 및 제2 진폭을 포함하고, 상기 제1 진폭은 상기 제2 진폭과 상이한, 초음파 시스템.

청구항 9

제1항, 제3항 및 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 압전 물질의 적어도 일부는, 2 개 이상의 진폭의 음향 강도에서 초음파 에너지를 방출하도록 구성되고,

상기 압전 물질의 적어도 일부에 의해 방출되는 초음파 에너지의 진폭은 시간에 따라 변하는, 초음파 시스템.

청구항 10

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 초음파 트랜스듀서는, 초음파 에너지 위상 쉬프팅을 인가하도록 구성되어,

상기 압전 물질의 복수의 부분이 복수의 위상의 음향 강도에서 초음파 에너지를 방출하도록 구성되며,

상기 복수의 위상의 음향 강도는 제1 위상 및 제2 위상을 포함하고, 제1 위상은 제2 위상과 상이한, 초음파 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 복수의 위상은, 이산 위상 값을 포함하는, 초음파 시스템.

청구항 12

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 복수의 압전 물질 변화는, 상기 압전 물질의 팽창 및 상기 압전 물질의 수축 중 적어도 하나를 포함하는, 초음파 시스템.

청구항 13

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 2개의 열 응고점들에 근접한 영역을 이미징화하는 이미징 트랜스듀서를 더 포함하는, 초음파 시스템.

청구항 14

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 2개의 열 응고점들 사이에 선형 간격을 제공하도록 구성된 이동 메커니즘을 더 포함하는, 초음파 시스템.

청구항 15

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

열 응고점들의 시퀀스는 0.1 mm 내지 1.5 mm 범위의 간격을 갖는, 초음파 시스템.

청구항 16

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

방출된 초음파 에너지는, 페이스 리프트, 브로우 리프트, chin 리프트, 눈 치료, 주름 축소, 흉터 축소, 화상 치료, 문신 제거, 스킨 타이팅, 정맥 축소, 땀샘 치료, 지방 치료, 질 회춘, 및 여드름 치료로 구성된 그룹에서 선택된 적어도 하나의 치료를 위해 구성되는, 초음파 시스템.

청구항 17

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 초음파 트랜스듀서는, 타겟 조직에 상기 2개의 열 응고점들을 형성하기 위해, 5W 내지 40W의 범위의 초음파 에너지의 음향 파워를 제공하도록 구성되는, 초음파 시스템.

청구항 18

제1항, 제3항 및 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 초음파 에너지는, 진폭 변조를 이용하여 상기 복수의 위치로 동시에 향하게 되고,

압전 초음파 변환 소자의 복수의 부분이, 복수의 음향 강도의 진폭에서 초음파 에너지를 방출하도록 구성되며,

상기 복수의 음향 강도의 진폭은, 제1 진폭 및 제2 진폭을 포함하고, 상기 제1 진폭은 상기 제2 진폭과 상이하고,

상기 초음파 트랜스듀서는, 타겟 조직을 열적으로 가열하기 위해, 5W 내지 40W의 범위 및 4MHz 주파수로 초음파 에너지의 음향 파워를 제공하도록 구성되는, 초음파 시스템.

청구항 19

제1항, 제3항 및 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 초음파 에너지는, 폴링을 이용하여 상기 복수의 위치로 동시에 향하게 되고,

상기 초음파 트랜스듀서는, 타겟 조직을 열적으로 가열하기 위해, 5W 내지 40W의 범위 및 4MHz 주파수로 초음파 에너지의 음향 파워를 제공하도록 구성되는, 초음파 시스템.

청구항 20

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 초음파 에너지는, 위상 쉬프팅을 더 이용하여 상기 복수의 위치로 동시에 향하게 되고,

상기 압전 물질의 복수의 부분이 복수의 음향 강도의 위상에서 초음파 에너지를 방출하도록 구성되며, 제1 위상은 제2 위상과 상이하고,

상기 초음파 트랜스듀서는, 타겟 조직을 열적으로 가열하기 위해, 1W 내지 100W의 범위 및 4MHz 주파수로 초음파 에너지의 음향 파워를 제공하도록 구성되는, 초음파 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2013년 3월 8일 출원된 미국 가출원 번호 제61/774,785호에 의한 우선권을 수반하며, 상기 가출원은 여기에 일체로 참조되어 있다.

[0002] 본 발명의 일부 실시예들은 미용 효과를 얻기 위한 비침습적 에너지 기반 치료에 관한 것이다. 예를 들어, 일부 실시예들은 다양한 치료 및/또는 이미징 기술을 안전하고 효과적으로 수행하기 위해서 다중 초음파 치료점(multiple ultrasound treatment points) 또는 초점 존(focus zones)을 제공하는 장치, 시스템 및 방법에 관한 것이다. 일부 실시예들은 변조 및/또는 멀티페이징, 또는 폴링 기법(poling techniques)으로 다양한 치료 및/또는 이미징 기술을 수행하기 위해서 초음파 치료빔을 둘, 셋, 넷 또는 그 이상의 초점 영역으로 분할하는 것에 관한 것이다. 미용 및/또는 의 료 시술시에 초음파 치료를 다중 초점으로 보내는 장치 및 방법이 일부 실시예에 구비된다.

배경 기술

[0003] 많은 미용 시술들은 침습적 수술을 요구하는 침습적 기술을 포함한다. 환자는 수주의 회복 시간을 견뎌야 할 뿐 아니라 심미 치료를 위해서 위험한 마취 시술도 자주 겪어야 한다.

발명의 내용

[0004] 에너지 기반 치료가 미용과 의료 목적으로 개시되어 있었지만, 본 출원인의 자체적인 결과물 이외에 어떠한 시술도 본 출원인에게 알려지진 않았으며, 타케팅된 정밀한 초음파를 이용하여 다양한 치료 및/또는 이미징 기술을 위해서 초음파 치료 빔을 둘, 셋, 넷 또는 그 이상의 초점 영역으로 분할함으로써 열 경로를 통해 시각적이고 효과적인 미용 결과를 유발하는 심미 효과를 성공적으로 얻는다.

[0005] 여기에 개시된 일부 실시예에서, 비침습적 초음파는 페이스 리프트(face lift), 브로우 리프트(brow lift), chin 리프트(chin lift), 눈 치료(eye treatment), 주름 축소(wrinkle reduction), 흉터 축소(scar reduction), 화상 치료(burn treatment), 문신 제거(tattoo removal), 정맥 제거(vein removal), 정맥 축소(vein reduction), 땀샘 치료(treatment on a sweat gland), 다한증 치료(treatment of hyperhidrosis), 주근깨 제거(sun spot removal), 여드름 치료(acne treatment), 뽀루지 축소(pimple reduction) 효과 중 하나 이상을 얻는데 이용된다. 데콜타주(decolletage) 치료는 일부 실시예에서 제공된다. 다른 실시예에서, 장치가 지방 조직(adipose tissue)(예를 들어, 지방(fat))에 이용될 수 있다. 다른 실시예에서, 시스템, 장치 및/또는 방법이 생식기 부위(예를 들어, 질(vagina)의 지지 조직을 타이팅하는 것과 같은 질 회춘(vaginal rejuvenation) 및/또는 질 타이팅(vaginal tightening))에 적용될 수 있다.

[0006] 다양한 실시예에 따르면, 미용 초음파 치료 시스템 및/방법은 초음파가 피부 표면 아래 조직의 치료 영역(region) 내 하나 이상의 로케이션에 포커스되는 단일 또는 다중 미용 치료 존(zone) 및/또는 열 응고점(thermal coagulation point)을 비침습적으로 생성할 수 있다. 일부 시스템 및 방법은, 상이한 깊이에서, 높이에서, 폭으로, 및/또는 포지션으로 등과 같이, 조직 내 상이한 로케이션에 미용 치료를 제공한다. 일 실시예에서, 방법 및 시스템은, 깊은 관심 치료 영역, 피상(superficial) 관심 영역, 및/또는 피하(subcutaneous) 관심 영역 중 적어도 두 개 사이와 같이, 하나 이상의 관심 영역에 초음파 치료를 제공하는 다중 깊이 트랜스듀서 시스템을 포함한다. 일 실시예에서, 방법 및 시스템은, 조직의 관심 영역 내 다양한 로케이션(예를 들어, 고정 또는 가변 깊이로, 높이로, 폭으로, 배향으로 등) 내 적어도 두 포인트 사이와 같이, 하나 이상의 관심 영역에 초음파 치료를 제공하는 트랜스듀서 시스템을 포함한다. 일부 실시예는 미용 치료 존을 위해 및/또는 조직내 관심 영역내 이미징(imaging)을 위해 빔을 둘, 셋, 넷 또는 그 이상의 초점(즉, 다중 초점(multiple focal point), 다초점(multi-focal point))으로 분리할 수 있다. 초점의 포지션은 축방향으로, 측면으로 또는 조직 내에 배치

될 수 있다. 일부 실시예는 초점의 로케이션에 의해 트랜스듀서로부터 반사면까지의 거리를 변경 및/또는 관심 영역에 초점이 맞춰지거나(focused) 맞춰지지 않은(unfocused) 에너지의 각도를 변경하는 것과 같은 공간 제어(spatial control), 및/또는 트랜스듀서의 주파수, 구동 진폭(drive amplitude) 및 타이밍의 변경을 제어하는 것과 같은 시간 제어(temporal control)를 위해 구성될 수 있다. 일부 실시예는 폴링(poling), 위상 폴링(phasic poling), 양위상 폴링(biphasic poling) 및/또는 다위상 폴링(multi-phasic poling)을 구비한 다중 치료 존 또는 초점의 포지션이다. 일부 실시예는 일 실시예에서 전기적 페이징(phasing)과 같은 페이징을 구비한 다중 치료 존 또는 초점의 포지션이다. 그 결과, 열 조건뿐 아니라, 치료 영역의 로케이션, 관심 영역 내 치료 존 또는 병변의 수, 모양 및/또는 체적은 시간에 대해 동적으로 제어될 수 있다.

[0007] 다양한 실시예에 따르면, 미용 초음파 치료 시스템 및/또는 방법은 위상 변조, 폴링, 비선형 어쿠스틱, 및/또는 하나 또는 다중 초음파 부분으로 임의의 공간 주기적 패턴을 형성하는 퓨리에 변환 중 하나 이상을 이용하여 다중 미용 치료 존을 생성할 수 있다. 일 실시예에서, 시스템은 세라믹 레벨에서 폴링을 이용하여 동시 또는 연속적으로 단일 또는 다중 치료 존을 전달한다. 일 실시예에서, 폴링 패턴은 초점 깊이 및 주파수의 함수이며, 홀수 또는 짝수 함수의 이용이다. 일 실시예에서, 프로세스가 이차 이상의 차원에서 이용되어 임의의 공간 주기적 패턴을 생성할 수 있다. 일 실시예에서, 초음파 빔은 축방향 및 측면으로 분할되어 비선형 어쿠스틱 및 퓨리에 변환의 이용을 통해 치료 시간을 현저히 감소시킨다. 일 실시예에서, 시스템으로부터의 변조 및 세라믹 또는 트랜스듀서로부터의 진폭(amplitude) 변조가 이용되어 다중 치료 존을 조직 내에 연속적으로 또는 동시에 위치시킬 수 있다.

[0008] 일 실시예에서, 심미적 이미징 및 치료 시스템은 진폭 변조 폴링 및 위상 쉬프팅 중 적어도 어느 하나로 복수의 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 초음파 치료를 인가하는 초음파 트랜스듀서를 포함하는 초음파 프로브를 포함한다. 일 실시예에서, 시스템은 초음파 트랜스듀서를 제어하기 위해 초음파 프로브에 결합된 제어 모듈을 포함한다.

[0009] 다양한 실시예에서, 복수의 로케이션은 미용 치료 존 내에 실질적으로 선형 시퀀스로 배치된다. 일 실시예에서, 제1 로케이션 집합은 제1 미용 치료 존 내에 배치되고 제2 로케이션 집합은 제2 미용 치료 존 내에 배치되며, 제1 미용 치료 존과 제2 미용 치료 존은 상이하다. 일 실시예에서, 제1 미용 치료 존은 제1 로케이션 집합의 실질적으로 선형 시퀀스를 포함하며 제2 미용 치료 존은 제2 로케이션 집합의 실질적으로 선형 시퀀스를 포함한다. 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 진폭 변조를 이용하여 초음파 치료를 인가하도록 구성되고 초음파 트랜스듀서의 복수의 부분들은 복수 진폭의 어쿠스틱 세기(acoustic intensity)로 초음파 치료를 방사(emit)하도록 구성되며, 제1 진폭과 제2 진폭은 상이하다. 일 실시예로, 초음파 트랜스듀서는 초음파 치료 위상 쉬프팅을 인가하도록 구성되고 초음파 트랜스듀서의 복수의 부분들은 복수 위상의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되며, 제1 위상과 제2 위상은 상이하다. 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 진폭 변조를 이용하여 초음파 치료를 인가하도록 구성되고 초음파 트랜스듀서의 복수의 부분들은 복수 진폭의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되며, 제1 진폭과 제2 진폭은 상이하며, 초음파 트랜스듀서는 초음파 치료 위상 쉬프팅을 인가하도록 구성되고 초음파 트랜스듀서의 복수의 부분들은 복수 위상의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되며, 제1 위상과 제2 위상은 상이하다. 일 실시예에서, 복수의 위상은 이산(discrete) 위상 값을 포함한다. 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 압전(piezoelectric) 물질을 포함하며, 초음파 트랜스듀서의 복수의 부분들은 초음파 트랜스듀서에 인가된 전기장에 대한 응답으로 복수의 상응하는 압전 물질 변화(variation)를 생성하도록 구성된다. 일 실시예에서, 복수의 압전 물질 변화는 압전 물질의 확장(expansion) 및 압전 물질의 수축(contraction) 중 적어도 하나를 포함한다. 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서의 적어도 한 부분은 초음파 치료를 둘 이상 진폭의 어쿠스틱 세기로 방사하도록 구성되며, 압전 물질의 적어도 한 부분에 의해 방사된 초음파 치료의 진폭은 시간에 걸쳐 변화한다. 일 실시예에서, 시스템은 복수의 개별 미용 치료 존 사이에 가변 간격을 제공하도록 프로그래밍된 이동 메커니즘을 또한 포함한다. 일 실시예에서, 개별 미용 치료 존의 시퀀스는 약 0.01 mm부터 약 25 mm까지 범위의 치료 간격을 가진다. 다양한 실시예에서, 초음파 치료는 페이스 리프트, 브로우 리프트, chin 리프트, 눈 치료, 주름 축소, 흉터 축소, 화상 치료, 문신 제거, 스킨 타이팅, 정맥 제거, 정맥 축소, 땀샘 치료, 다한증 치료, 주근깨 제거, 지방 치료, 질 회춘, 및 여드름 치료 중 적어도 하나이다. 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 약 1W에서 약 100W 범위 그리고 약 1 MHz에서 약 10 MHz 주파수 범위로 초음파 치료의 어쿠스틱 파워를 제공하도록 구성되어 조직을 열적으로 가열하여 응고시킨다.

[0010] 일 실시예에서, 미용 치료에 사용되는 심미적 이미징 및 치료 시스템은 초음파 프로브 및 제어 모듈을 포함한다. 초음파 프로브는 초음파 이미징을 제공하는 초음파 이미징 기능을 동작 가능하게 제어하는 제1 스위치, 초음파 치료를 제공하는 초음파 치료 기능을 동작 가능하게 제어하는 제2 스위치, 및 개별 열 미용 치료 존

의 적어도 하나의 시퀀스 내에서 초음파 치료를 향하게하는 이동 메커니즘을 포함한다. 일 실시예에서, 시스템은 트랜스듀서 모듈을 또한 포함한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 초음파 이미징과 초음파 치료를 위해 구성된다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 초음파 프로브에 결합하기 위해 구성된다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 복수의 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 초음파 치료를 인가하는 초음파 트랜스듀서를 포함한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 제1 스위치, 제2 스위치 및 이동 메커니즘 중 적어도 하나에 동작 가능하게 결합되도록 구성된다. 일 실시예에서, 제어 모듈은 트랜스듀서 모듈을 제어하기 위해 프로세서 및 디스플레이를 포함한다.

[0011] 다양한 실시예에서, 복수의 로케이션은 미용 치료 존 내에 실질적으로 선형 시퀀스로 배치된다. 일 실시예에서, 제1 로케이션 집합은 제1 미용 치료 존 내에 배치되고 제2 로케이션 집합은 제2 미용 치료 존 내에 배치되며, 제1 미용 치료 존과 제2 미용 치료 존은 상이하다. 일 실시예에서, 제1 미용 치료 존은 제1 로케이션 집합의 실질적으로 선형 시퀀스를 포함하며 제2 미용 치료 존은 제2 로케이션 집합의 실질적으로 선형 시퀀스를 포함한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 진폭 변조를 이용하여 초음파 치료를 인가하도록 구성되고 트랜스듀서 모듈의 복수의 부분들은 복수 진폭의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사(emit)하도록 구성되며, 제1 진폭과 제2 진폭은 상이하다. 일 실시예로, 트랜스듀서 모듈은 초음파 치료 위상 쉬프팅을 인가하도록 구성되고 트랜스듀서 모듈의 복수의 부분들은 복수 위상의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되며, 제1 위상과 제2 위상은 상이하다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 진폭 변조를 이용하여 초음파 치료를 인가하도록 구성되고, 트랜스듀서 모듈의 복수의 부분들은 복수 진폭의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되며, 제1 진폭과 제2 진폭은 상이하다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 초음파 치료 위상 쉬프팅을 인가하도록 구성되고 트랜스듀서 모듈의 복수의 부분들은 복수 위상의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되며, 제1 위상과 제2 위상은 상이하다. 일 실시예에서, 복수의 위상은 이산 위상 값을 포함한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 압전 물질을 포함하며, 트랜스듀서 모듈의 복수의 부분들은 트랜스듀서 모듈에 인가된 전기장에 대한 응답으로 복수의 상응하는 압전 물질 변화를 생성하도록 구성된다. 일 실시예에서, 복수의 압전 물질 변화는 압전 물질의 확장 및 압전 물질의 수축 중 적어도 하나를 포함한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈의 적어도 한 부분은 초음파 치료를 둘 이상의 진폭의 어쿠스틱 세기로 방사하도록 구성되며, 압전 물질의 적어도 한 부분에 의해 방사된 초음파 치료의 진폭은 시간에 걸쳐 변화한다. 일 실시예에서, 이동 메커니즘은 복수의 개별 미용 치료 존 사이에 가변 간격을 제공하도록 프로그래밍된다. 일 실시예에서, 개별 미용 치료 존의 시퀀스는 약 0.01 mm부터 약 25 mm까지 범위의 치료 간격을 가진다. 일 실시예에서, 제1 및 제2 스위치는 사용자 조작 버튼 또는 키를 포함한다. 일 실시예에서, 제1 및 제2 스위치 중 적어도 하나는 제어 모듈에 의해 작동(activate)된다. 일 실시예에서, 치료 기능은 페이스 리프트, 브로우 리프트, chin 리프트, 눈 치료, 주름 축소, 흉터 축소, 화상 치료, 문신 제거, 스킨 타이팅, 정맥 제거, 정맥 축소, 땀샘 치료, 다한증 치료, 주근깨 제거, 지방 치료, 질 회춘, 및 여드름 치료 중 적어도 하나이다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 약 1W에서 약 100W 범위 그리고 약 1 MHz에서 약 10 MHz 주파수 범위로 초음파 치료의 어쿠스틱 파워를 제공하도록 구성되어 조직을 열적으로 가열하여 응고시킨다.

[0012] 일 실시예에서, 치료 시스템은 초음파 치료를 제공하는 초음파 치료 기능을 동작 가능하게 제어하는 제어 장치 및 개별 열 미용 치료 존의 시퀀스로 초음파 치료를 향하게하는 핸드 완드(hand wand)를 포함한다. 일 실시예에서, 핸드 완드는 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 초음파 치료를 인가하는 트랜스듀서를 포함하며, 로케이션은 열 미용 치료 존 내에 포지션되며, 트랜스듀서는 복수의 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 초음파 치료를 인가하도록 더 구성된다.

[0013] 일 실시예에서, 미용 시술을 수행하는 방법은 트랜스듀서 모듈을 초음파 프로브에 결합하는 단계를 포함하되, 초음파 프로브는 어쿠스틱 이미징을 제어하는 제1 스위치를 포함하고, 초음파 프로브는 복수의 개별 미용 치료 존을 유발하는 어쿠스틱 치료를 제어하는 제2 스위치를 포함하며, 초음파 프로브는 개별 미용 치료 존 사이에 바람직한 간격을 제공하는 이동 메커니즘을 포함한다. 일 실시예에서, 상기 방법은 트랜스듀서 모듈을 대상의 피부 표면에 접촉하는 단계를 포함한다. 일 실시예에서, 상기 방법은 초음파 프로브가 트랜스듀서 모듈로 피부 표면 아래 영역을 어쿠스틱하게 이미징하도록 제1 스위치를 작동하는 단계를 포함한다. 일 실시예에서, 상기 방법은 초음파 프로브가 트랜스듀서 모듈로 피부 아래 영역을 개별 미용 치료 존의 이동 메커니즘에 의해 제어되는 바람직한 시퀀스로 어쿠스틱하게 치료하도록 제2 스위치를 작동하는 단계를 포함하되, 트랜스듀서 모듈은 복수의 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 초음파 치료를 인하도록 구성된 초음파 트랜스듀서를 포함한다.

[0014] 일 실시예에서, 치료 시스템은 초음파 치료를 제공하는 초음파 치료 기능을 동작 가능하게 제어하는 제어 장치 및 개별 열 미용 치료 존의 시퀀스로 초음파 치료를 향하게하는 핸드 완드를 포함한다. 일 실시예에서, 핸드 완

드는 복수의 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 조직에 초음파 치료를 인가하는 트랜스듀서를 포함한다.

- [0015] 일 실시예에서, 심미적 이미징 및 치료 시스템은 피부의 비침습적 미용 치료를 위한 것이다.
- [0016] 다양한 실시예에 따르면, 초음파 트랜스듀서로 다중 초점을 생성하는 심미적 초음파 치료 시스템은 복수의 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 진폭 변조 폴딩 및 위상 쉬프팅 중 적어도 하나로 초음파 치료를 인가하는 초음파 트랜스듀서를 포함하는 초음파 프로브 및 초음파 프로브에 결합되어 초음파 트랜스듀서를 제어하는 제어 모듈을 포함한다.
- [0017] 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 단일 초음파 변환 소자(single ultrasound transduction element)를 포함한다. 일 실시예에서, 복수의 로케이션은 미용 치료 존 내에서 실질적으로 선형 시퀀스로 배치된다. 일 실시예에서, 제1 로케이션 집합은 제1 미용 치료 존 내에 배치되고 제2 로케이션 집합은 제2 미용 치료 존 내에 배치되며, 제1 미용 치료 존과 제2 미용 치료 존은 상이하다. 일 실시예에서, 제1 미용 치료 존은 제1 로케이션 집합의 실질적으로 선형 시퀀스를 포함하며 제2 미용 치료 존은 제2 로케이션 집합의 실질적으로 선형 시퀀스를 포함한다.
- [0018] 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 진폭 변조를 이용하여 초음파 치료를 인가하도록 구성되고 초음파 트랜스듀서의 복수의 부분들은 복수 진폭의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되며, 제1 진폭과 제2 진폭은 상이하다. 일 실시예로, 초음파 트랜스듀서는 초음파 치료 위상 쉬프팅을 인가하도록 구성되고 초음파 트랜스듀서의 복수의 부분들은 복수 위상의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되며, 제1 위상과 제2 위상은 상이하다. 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 진폭 변조를 이용하여 초음파 치료를 인가하도록 구성되고 초음파 트랜스듀서의 복수의 부분들은 복수 진폭의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되며, 제1 진폭과 제2 진폭은 상이하며, 초음파 트랜스듀서는 초음파 치료 위상 쉬프팅을 인가하도록 구성되고 초음파 트랜스듀서의 복수의 부분들은 복수 위상의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되며, 제1 위상과 제2 위상은 상이하다. 일 실시예에서, 복수의 위상은 이산 위상 값을 포함한다. 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 압전 물질을 포함하며, 초음파 트랜스듀서의 복수의 부분들은 초음파 트랜스듀서에 인가된 전기장에 대한 응답으로 복수의 상응하는 압전 물질 변화를 생성하도록 구성된다. 일 실시예에서, 복수의 압전 물질 변화는 압전 물질의 확장 및 압전 물질의 수축 중 적어도 하나를 포함한다. 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서의 적어도 한 부분은 초음파 치료를 둘 이상의 진폭의 어쿠스틱 세기로 방사하도록 구성되며, 압전 물질의 적어도 한 부분에 의해 방사된 초음파 치료의 진폭은 시간에 걸쳐 변화한다.
- [0019] 일 실시예에서, 시스템은 복수의 개별 미용 치료 존 사이에 가변 간격을 제공하도록 프로그래밍된 이동 메커니즘을 또한 포함한다. 일 실시예에서, 개별 미용 치료 존의 시퀀스는 약 0.01 mm부터 약 25 mm까지 범위의 치료 간격을 가진다.
- [0020] 다양한 실시예에서, 초음파 치료는 페이스 리프트, 브로우 리프트, chin 리프트, 눈 치료, 주름 축소, 흉터 축소, 화상 치료, 문신 제거, 스킨 타이팅, 정맥 제거, 정맥 축소, 땀샘 치료, 다한증 치료, 주근깨 제거, 지방 치료, 질 회춘, 및 여드름 치료 중 적어도 하나이다.
- [0021] 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 약 1W에서 약 100W 범위 그리고 약 1 MHz에서 약 10 MHz 주파수 범위로 초음파 치료의 어쿠스틱 파워를 제공하도록 구성되어 조직을 열적으로 가열하여 응고시킨다.
- [0022] 다양한 실시예에 따르면, 초음파 트랜스듀서로 다중 초점을 생성하기 위한 미용 치료에 사용되는 심미적 치료 시스템은, 초음파 이미징을 제공하는 초음파 이미징 기능을 동작 가능하게 제어하는 제1 스위치, 초음파 치료를 제공하는 초음파 치료 기능을 동작 가능하게 제어하는 제2 스위치, 및 개별 열 미용 치료 존의 적어도 하나의 시퀀스 내에서 초음파 치료를 향하게하는 이동 메커니즘을 포함하는 초음파 프로브를 포함한다. 시스템은 진폭 변조 폴딩 및 위상 쉬프팅 중 적어도 하나로 초음파 치료를 인가하도록 구성된 트랜스듀서 모듈을 포함하며, 트랜스듀서 모듈은 초음파 이미징과 초음파 치료를 위해 구성되고, 트랜스듀서 모듈은 초음파 프로브에 결합하기 위해 구성되고, 트랜스듀서 모듈은 복수의 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 초음파 치료를 인가하는 초음파 트랜스듀서를 포함하고, 트랜스듀서 모듈은 제1 스위치, 제2 스위치 및 이동 메커니즘 중 적어도 하나에 동작 가능하게 결합되도록 구성되며, 제어 모듈은 트랜스듀서 모듈을 제어하기 위해 프로세서 및 디스플레이를 포함한다.
- [0023] 일 실시예에서, 복수의 로케이션은 미용 치료 존 내에서 실질적으로 선형 시퀀스로 배치된다. 일 실시예에서, 제1 로케이션 집합은 제1 미용 치료 존 내에 배치되고 제2 로케이션 집합은 제2 미용 치료 존 내에 배치되며, 제1 미용 치료 존과 제2 미용 치료 존은 상이하다. 일 실시예에서, 제1 미용 치료 존은 제1 로케이션 집합의 실

질적으로 선형 시퀀스를 포함하며 제2 미용 치료 존은 제2 로케이션 집합의 실질적으로 선형 시퀀스를 포함한다.

- [0024] 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 진폭 변조를 이용하여 초음파 치료를 인가하도록 구성되고 트랜스듀서 모듈의 복수의 부분들은 복수 진폭의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되되, 제1 진폭과 제2 진폭은 상이하다. 일 실시예로, 트랜스듀서 모듈은 초음파 치료 위상 쉬프팅을 인가하도록 구성되고 트랜스듀서 모듈의 복수의 부분들은 복수 위상의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되되, 제1 위상과 제2 위상은 상이하다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 진폭 변조를 이용하여 초음파 치료를 인가하도록 구성되고 트랜스듀서 모듈의 복수의 부분들은 복수 진폭의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되되, 제1 진폭과 제2 진폭은 상이하며, 트랜스듀서 모듈은 초음파 치료 위상 쉬프팅을 인가하도록 구성되고 트랜스듀서 모듈의 복수의 부분들은 복수 위상의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되되, 제1 위상과 제2 위상은 상이하다. 일 실시예에서, 복수의 위상은 이산 위상 값을 포함한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 압전 물질을 포함하며, 트랜스듀서 모듈의 복수의 부분들은 트랜스듀서 모듈에 인가된 전기장에 대한 응답으로 복수의 상응하는 압전 물질 변화를 생성하도록 구성된다. 일 실시예에서, 복수의 압전 물질 변화는 압전 물질의 확장 및 압전 물질의 수축 중 적어도 하나를 포함한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈의 적어도 한 부분은 초음파 치료를 둘 이상의 진폭의 어쿠스틱 세기로 방사하도록 구성되며, 압전 물질의 적어도 한 부분에 의해 방사된 초음파 치료의 진폭은 시간에 걸쳐 변화한다.
- [0025] 일 실시예에서, 이동 메커니즘은 복수의 개별 열 미용 치료 존 사이에 가변 간격을 제공하도록 프로그래밍된다. 일 실시예에서, 개별 열 미용 치료 존의 시퀀스는 약 0.01 mm부터 약 25 mm까지 범위의 치료 간격을 가진다. 일 실시예에서, 제1 및 제2 스위치는 사용자 조작 버튼 또는 키를 포함한다. 일 실시예에서, 제1 및 제2 스위치 중 적어도 하나는 제어 모듈에 의해 작동된다.
- [0026] 일 실시예에서, 치료 기능은 페이스 리프트, 브로우 리프트, chin 리프트, 눈 치료, 주름 축소, 흉터 축소, 화상 치료, 문신 제거, 스킨 타이팅, 정맥 제거, 정맥 축소, 땀샘 치료, 다한증 치료, 주근깨 제거, 지방 치료, 질 회춘, 및 여드름 치료 중 적어도 하나이다.
- [0027] 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 약 1W에서 약 100W 범위 그리고 약1 MHz에서 약 10 MHz 주파수 범위로 초음파 치료의 어쿠스틱 파워를 제공하도록 구성되어 조직을 열적으로 가열하여 응고시킨다.
- [0028] 일 실시예에서, 치료 시스템은 초음파 치료를 제공하는 초음파 치료 기능을 동작 가능하게 제어하는 제어 장치 및 개별 열 미용 치료 존의 시퀀스로 초음파 치료를 향하게하는 핸드 완드를 포함한다. 일 실시예에서, 핸드 완드는 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 초음파 치료를 인가하는 트랜스듀서를 포함하며, 로케이션은 열 미용 치료 존 내에 포지션되되, 트랜스듀서는 복수의 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 초음파 치료를 인가하도록 더 구성된다.
- [0029] 다양한 실시예에 따르면, 단일 트랜스듀서로 다중 초점을 생성하여 피부에 비침습적 미용 시술을 수행하는 방법은 트랜스듀서 모듈을 초음파 프로브에 결합하는 단계-여기서, 초음파 프로브는 어쿠스틱 이미징을 제어하는 제1 스위치를 포함하고, 초음파 프로브는 복수의 개별 미용 치료 존을 유발하는 어쿠스틱 치료를 제어하는 제2 스위치를 포함하며, 초음파 프로브는 개별 미용 치료 존 사이에 바람직한 간격을 제공하는 이동 메커니즘을 포함함-, 트랜스듀서 모듈을 대상의 피부 표면에 접촉하는 단계, 초음파 프로브가 트랜스듀서 모듈로 피부 표면 아래 영역을 어쿠스틱하게 이미징하도록 제1 스위치를 작동하는 단계, 및 초음파 프로브가 트랜스듀서 모듈로 피부 아래 영역을 개별 미용 치료 존의 이동 메커니즘에 의해 제어되는 바람직한 시퀀스로 어쿠스틱하게 치료하도록 제2 스위치를 작동하는 단계를 포함하되, 트랜스듀서 모듈은 복수의 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 조직에 초음파 치료를 인가하도록 구성된 단일 초음파 트랜스듀서를 포함한다.
- [0030] 다양한 실시예에 따르면, 초음파 트랜스듀서로 다중 초점을 조직에 생성하는 심미적 치료 시스템은 초음파 치료를 제공하는 초음파 치료 기능을 동작 가능하게 제어하는 제어 장치 및 개별 열 미용 치료 존의 시퀀스로 초음파 치료를 향하게하는 핸드 완드를 포함한다. 핸드 완드는 복수의 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 조직에 초음파 치료를 인가하는 트랜스듀서를 포함한다. 다양한 실시예에 따르면, 심미적 치료 시스템은 피부의 비침습적 미용 치료를 위한 것이다.
- [0031] 다양한 실시예에 따르면, 초음파 트랜스듀서로 다중 초점을 생성하는 심미적 초음파 치료 시스템은 복수의 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 진폭 변조 폴딩 및 위상 쉬프팅 중 적어도 하나로 초음파 치료를 인가하는 초음파 트랜스듀서를 포함하는 초음파 프로브 및 초음파 프로브에 결합되어 초음파 트랜스듀서를 제어하는 제어

모듈을 포함한다. 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 진폭 변조를 이용하여 초음파 치료를 인가하도록 구성되고 초음파 트랜스듀서의 복수의 부분들은 복수 진폭의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되되, 제1 진폭과 제2 진폭은 상이하다. 일 실시예로, 초음파 트랜스듀서는 초음파 치료 위상 쉬프팅을 인가하도록 구성되고 초음파 트랜스듀서의 복수의 부분들은 복수 위상의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되되, 제1 위상과 제2 위상은 상이하다. 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 진폭 변조를 이용하여 초음파 치료를 인가하도록 구성되고 초음파 트랜스듀서의 복수의 부분들은 복수 진폭의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되되, 제1 진폭과 제2 진폭은 상이하며, 초음파 트랜스듀서는 초음파 치료 위상 쉬프팅을 인가하도록 구성되고 초음파 트랜스듀서의 복수의 부분들은 복수 위상의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되되, 제1 위상과 제2 위상은 상이하다. 일 실시예에서, 복수의 위상은 이산 위상 값을 포함한다. 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 압전 물질을 포함하며, 초음파 트랜스듀서의 복수의 부분들은 초음파 트랜스듀서에 인가된 전기장에 대한 응답으로 복수의 상응하는 압전 물질 변화를 생성하도록 구성된다. 일 실시예에서, 복수의 압전 물질 변화는 압전 물질의 확장 및 압전 물질의 수축 중 적어도 하나를 포함한다. 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서의 적어도 한 부분은 초음파 치료를 둘 이상의 진폭의 어쿠스틱 세기로 방사하도록 구성되며, 압전 물질의 적어도 한 부분에 의해 방사된 초음파 치료의 진폭은 시간에 걸쳐 변화한다. 다양한 실시예에서, 초음파 치료는 페이스 리프트, 브로우 리프트, chin 리프트, 눈 치료, 주름 축소, 흉터 축소, 화상 치료, 문신 제거, 스킨 타이팅, 정맥 제거, 정맥 축소, 땀샘 치료, 다한증 치료, 주근깨 제거, 지방 치료, 질 회춘, 및 여드름 치료 중 적어도 하나이다.

[0032] 다양한 실시예에 따르면, 초음파 트랜스듀서로 다중 초점을 생성하기 위한 미용 치료에 사용되는 심미적 치료 시스템은, 초음파 이미징을 제공하는 초음파 이미징 기능을 동작 가능하게 제어하는 제1 스위치, 초음파 치료를 제공하는 초음파 치료 기능을 동작 가능하게 제어하는 제2 스위치, 및 개별 열 미용 치료 존의 적어도 하나의 시퀀스 내에서 초음파 치료를 향하게하는 이동 메커니즘을 포함하는 초음파 프로브를 포함한다. 시스템은 진폭 변조 폴링 및 위상 쉬프팅 중 적어도 하나로 초음파 치료를 인가하도록 구성된 트랜스듀서 모듈을 포함하되, 트랜스듀서 모듈은 초음파 이미징과 초음파 치료를 위해 구성되고, 트랜스듀서 모듈은 초음파 프로브에 결합하기 위해 구성되고, 트랜스듀서 모듈은 복수의 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 초음파 치료를 인가하는 초음파 트랜스듀서를 포함하고, 트랜스듀서 모듈은 제1 스위치, 제2 스위치 및 이동 메커니즘 중 적어도 하나에 동작 가능하게 결합되도록 구성되며, 제어 모듈은 트랜스듀서 모듈을 제어하기 위해 프로세서 및 디스플레이를 포함한다. 일 실시예에서, 초음파 모듈은 단일 초음파 트랜스듀서를 포함한다. 일 실시예에서, 초음파 모듈은 단일 초음파 변환 소자를 포함한다. 일 실시예에서, 초음파 모듈은 단일 변환 소자를 포함하는 단일 초음파 트랜스듀서를 포함한다. 일 실시예에서, 복수의 로케이션은 미용 치료 존 내에서 실질적으로 선형 시퀀스로 배치된다. 일 실시예에서, 제1 로케이션 집합은 제1 미용 치료 존 내에 배치되고 제2 로케이션 집합은 제2 미용 치료 존 내에 배치되되, 제1 미용 치료 존과 제2 미용 치료 존은 상이하다. 일 실시예에서, 제1 미용 치료 존은 제1 로케이션 집합의 실질적으로 선형 시퀀스를 포함하며 제2 미용 치료 존은 제2 로케이션 집합의 실질적으로 선형 시퀀스를 포함한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 진폭 변조를 이용하여 초음파 치료를 인가하도록 구성되고 트랜스듀서 모듈의 복수의 부분들은 복수 진폭의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사(emit)하도록 구성되되, 제1 진폭과 제2 진폭은 상이하다. 일 실시예로, 트랜스듀서 모듈은 초음파 치료 위상 쉬프팅을 인가하도록 구성되고 트랜스듀서 모듈의 복수의 부분들은 복수 위상의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되되, 제1 위상과 제2 위상은 상이하다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 진폭 변조를 이용하여 초음파 치료를 인가하도록 구성되고 트랜스듀서 모듈의 복수의 부분들은 복수 진폭의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되되, 제1 진폭과 제2 진폭은 상이하며, 트랜스듀서 모듈은 초음파 치료 위상 쉬프팅을 인가하도록 구성되고 트랜스듀서 모듈의 복수의 부분들은 복수 위상의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성되되, 제1 위상과 제2 위상은 상이하다. 일 실시예에서, 복수의 위상은 이산 위상 값을 포함한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 압전 물질을 포함하며, 트랜스듀서 모듈의 복수의 부분들은 트랜스듀서 모듈에 인가된 전기장에 대한 응답으로 복수의 상응하는 압전 물질 변화를 생성하도록 구성된다. 일 실시예에서, 복수의 압전 물질 변화는 압전 물질의 확장 및 압전 물질의 수축 중 적어도 하나를 포함한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈의 적어도 한 부분은 초음파 치료를 둘 이상의 진폭의 어쿠스틱 세기로 방사하도록 구성되며, 압전 물질의 적어도 한 부분에 의해 방사된 초음파 치료의 진폭은 시간에 걸쳐 변화한다. 일 실시예에서, 이동 메커니즘은 복수의 개별 열 미용 치료 존 사이에 가변 간격을 제공하도록 프로그래밍된다. 일 실시예에서, 개별 미용 치료 존의 시퀀스는 약 0.01 mm부터 약 25 mm까지 범위의 치료 간격을 가진다. 일 실시예에서, 제1 및 제2 스위치는 사용자 조작 버튼 또는 키를 포함한다. 일 실시예에서, 제1 및 제2 스위치 중 적어도 하나는 제어 모듈에 의해 작동된다. 일 실시예에서, 치료 기능은 페이스 리프트, 브로우 리프트, chin 리프트, 눈 치료, 주름 축소, 흉터 축

소, 화상 치료, 문신 제거, 스킨 타이팅, 정맥 제거, 정맥 축소, 땀샘 치료, 다한증 치료, 주근깨 제거, 지방 치료, 질 회춘, 및 여드름 치료 중 적어도 하나이다.

[0033] 일 실시예에서, 미용 치료에 사용되는 심미적 이미징 및 치료 시스템은 복수의 로케이션에 있는 조직의 초점 깊이로 초음파 이미징 및 초음파 치료를 위해 구성된 초음파 프로브를 포함한다. 일 실시예에서, 초음파 프로브는 초음파 프로브에 결합하기 위해 구성된 트랜스듀서 모듈을 포함하되, 트랜스듀서 모듈은 복수의 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 초음파 치료를 인가하도록 구성된 초음파 트랜스듀서를 포함한다. 일 실시예에서, 제1 스위치는 초음파 이미징을 제공하는 초음파 이미징 기능을 동작 가능하게 제어한다. 일 실시예에서, 제2 스위치는 초음파 치료를 제공하는 초음파 치료 기능을 동작 가능하게 제어한다. 일 실시예에서, 이동 메커니즘은 개별 열 미용 치료 존의 적어도 하나의 시퀀스 내에서 초음파 치료를 향하게하되, 트랜스듀서 모듈은 제1 스위치, 제2 스위치 및 이동 메커니즘 중 적어도 하나에 동작 가능하게 결합되도록 구성된다. 일 실시예에서, 제어 모듈은 트랜스듀서 모듈을 제어하기 위해 프로세서 및 디스플레이를 포함한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 탈착이 가능하다. 예를 들어, 비제한적인 실시예에서의 트랜스듀서는 1.5 mm, 3 mm, 4.5 mm, 6 mm, 3 mm 이하, 1.5 mm와 3 mm 사이, 1.5 mm와 4.5 mm 사이, 4.5 mm 이상, 6 mm 이상의 피부 깊이, 및 0.1 mm - 3 mm 범위, 0.1 mm - 4.5 mm 범위, 0.1 mm - 25 mm 범위, 0.1 mm - 100 mm 범위에 속하는 피부 깊이를 위해 구성될 수 있다.

[0034] 다양한 실시예에서, 복수의 로케이션은 미용 치료 존 내에 실질적으로 선형 시퀀스로 배치된다. 일 실시예에서, 제1 로케이션 집합은 제1 미용 치료 존 내에 배치되고 제2 로케이션 집합은 제2 미용 치료 존 내에 배치되되, 제1 미용 치료 존과 제2 미용 치료 존은 상이하다. 일 실시예에서, 제1 미용 치료 존은 제1 로케이션 집합의 실질적으로 선형 시퀀스를 포함하며 제2 미용 치료 존은 제2 로케이션 집합의 실질적으로 선형 시퀀스를 포함한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 진폭 변조를 이용하여 초음파 치료를 인가하도록 구성되며, 트랜스듀서 모듈은 복수 진폭의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사(emit)하도록 구성된 복수의 부분들을 포함하되, 제1 진폭과 제2 진폭은 상이하다. 일 실시예로, 트랜스듀서 모듈은 초음파 치료 위상 쉬프팅을 인가하도록 구성되며, 트랜스듀서 모듈은 복수 위상의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성된 복수의 부분들을 포함하되, 제1 위상과 제2 위상은 상이하다.

[0035] 일 실시예에서, 이동 메커니즘은 동작 메커니즘이다. 다양한 실시예에서, 이동 메커니즘은 트랜스듀서 모듈 또는 프로브 내에서 이동시키도록 구성된다. 일 실시예에서, 트랜스듀서는 트랜스듀서 홀더에 의해 유지된다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 홀더는 선형 베어링, 즉, 트랜스듀서의 반복적인 선형 이동을 보장하는 바(또는 샤프트(shaft))와 같은 동작 구속 베어링을 따라 이동되는 슬리브(sleeve)를 포함한다. 일 실시예에서, 슬리브는 스플라인 샤프트(spline shaft) 주위로 회전하는 것을 방지하지만 동작의 경로가 적절하도록 유지하도록 가이드하는 스플라인 부싱(spline bushing)이다.

[0036] 일 실시예에서, 트랜스듀서 홀더는 동작 메커니즘에 의해 구동되며, 동작 메커니즘은 핸드 와드 또는 모듈, 또는 프로브에 위치될 수 있다. 일 실시예에서, 동작 메커니즘(400)은 임의의 하나 이상의 스카치 요크(scotch yoke), 이동 부재, 및 마그네틱 커플링을 포함한다. 일 실시예에서, 마그네틱 커플링은 트랜스듀서가 이동하도록 돕는다. 동작 메커니즘의 이점은 이미징 및/또는 치료 목적을 위한 초음파 트랜스듀서의 효율적이고, 정확하고 정밀한 사용을 제공한다는 점이다. 이러한 종류의 동작 메커니즘이 하우징 내 공간에 고정된 다중 트랜스듀서의 일반적으로 고정된 어레이에 대해 갖는 장점은 고정된 어레이는 고정된 거리만큼 이격되어 있다는 점이다.

[0037] 컨트롤러의 제어하에 트랜스듀서를 트랙(예를 들어, 선형 트랙)에 배치시킴으로써, 시스템 및 장치의 실시예들은 효율성, 정확성 및 정밀성뿐 아니라 적응성 및 유연성을 제공한다. 이미징 및 치료 포지셔닝이 동작 메커니즘에 의한 제어된 동작을 따라 실시간 및 거의 실시간으로 조정될 수 있다. 동작 메커니즘에 의해 가능해진 점증 조정(incremental adjustment)에 기초한 거의 임의의 레졸루션(resolution)을 선택할 수 있는 능력에 더하여, 이미징이 비정상(abnormality) 또는 치료 간격 및 타게팅을 변경할 필요가 있는 조건을 감지하면, 조정이 이루어질 수 있다. 일 실시예에서, 하나 이상의 센서가 모듈에 포함될 수 있다. 일 실시예에서, 하나 이상의 센서가 모듈에 포함되어 동작 부재와 트랜스듀서 홀더간 기계적 커플링이 실제로 결합되어 있음을 보장할 수 있다. 일 실시예에서, 엔코더가 트랜스듀서 홀더의 상부에 배치될 수 있으며 센서는 모듈의 일부에 위치(located)될 수 있거나, 그 반대일 수 있다(교체됨).

[0038] 다양한 실시예에서, 센서는 거대 자기저항 효과(giant magnetoresistive effect; GMR) 또는 홀 효과(Hall Effect) 센서와 같은 마그네틱 센서이며, 엔코더는 마그넷, 마그넷의 집합(collection), 또는 다중폴 마그네틱 스트립이다. 센서는 트랜스듀서 모듈 홈 포지션으로 배치될 수 있다. 일 실시예에서, 센서는 접촉 압력 센서이다. 일 실시예에서, 센서는 장치의 표면에 있는 접촉 압력 센서이며 환자에 있는 장치 또는 트랜스듀서의 포지

션을 감지한다. 다양한 실시예에서, 센서는 장치 또는 장치 내 컴포넌트의 포지션을 일차원, 이차원, 또는 삼차원으로 나타내는데 이용될 수 있다. 일 실시예에서, 센서는 장치(또는 그 안의 컴포넌트)와 환자 간의 포지션, 각도, 기울기(tilt), 배향(orientation), 배치(placement), 높이(elevation), 또는 다른 관계를 감지하도록 구성된다. 일 실시예에서, 센서는 광학 센서를 포함한다. 일 실시예에서, 센서는 롤러볼 센서를 포함한다. 일 실시예에서, 센서는 포지션을 일차원, 이차원 및/또는 삼차원으로 표시하도록 구성되어 환자의 피부 또는 조직에 대한 치료 영역들 또는 선들 사이의 거리를 계산한다.

[0039] 동작 메커니즘은 트랜스듀서의 이동에 유용하다고 판단되는 임의의 동작 메커니즘일 수 있다. 여기에 유용한 동작 메커니즘의 다른 실시예는 웜 기어 등을 포함할 수 있다. 다양한 실시예에서, 동작 메커니즘은 모듈(200)에 위치한다. 다양한 실시예에서, 동작 메커니즘은 선형, 회전, 다차원 동작 또는 구동(actuation)을 제공할 수 있으며, 동작은 공간 내 포인트 및/또는 배향의 임의의 집합(collection)도 포함할 수 있다. 동작에 대한 다양한 실시예는, 직선(rectilinear), 원(circular), 타원(elliptical), 원호(arc-like), 나선(spiral), 공간상의 하나 이상의 포인트의 집합, 또는 임의의 1-D, 2-D, 또는 3-D 포지셔널 및 애티튜디널(positional and attitudinal) 동작 실시예를 포함하는 일부 실시예에 따라서 이용될 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 동작 메커니즘의 속도는 고정되거나 사용자에게 의해 조정 가능하게 제어될 수 있다. 일 실시예에서, 이미지 시퀀스를 위한 동작 메커니즘의 속도는 치료 시퀀스를 위한 속도와 상이할 수 있다. 일 실시예에서, 동작 메커니즘의 속도는 컨트롤러에 의해 제어될 수 있다.

[0040] 다양한 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 진폭 변조를 이용하여 초음파 치료를 인가하도록 구성되며, 트랜스듀서 모듈은 복수 진폭의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성된 복수의 부분을 포함하되, 제1 진폭과 제2 진폭은 상이하며, 트랜스듀서 모듈은 초음파 치료 위상 쉬프팅을 인가하도록 구성되며, 트랜스듀서 모듈은 복수 위상의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성된 복수의 부분을 포함하되, 제1 위상과 제2 위상은 상이하다.

[0041] 일 실시예에서, 복수의 위상은 이산 위상 값을 포함한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 압전 물질을 포함하며, 트랜스듀서 모듈의 복수의 부분들은 트랜스듀서 모듈에 인가된 전기장에 대한 응답으로 복수의 상응하는 압전 물질 변화를 생성하도록 구성된다. 일 실시예에서, 복수의 압전 물질 변화는 압전 물질의 확장 및 압전 물질의 수축 중 적어도 하나를 포함한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 초음파 치료를 둘 이상의 진폭의 어쿠스틱 세기로 방사하도록 구성된 적어도 한 부분을 포함하되, 트랜스듀서 모듈의 적어도 한 부분에 의해 방사된 초음파 치료의 진폭은 시간에 걸쳐 변화한다.

[0042] 일 실시예에서, 이동 메커니즘은 복수의 개별 열 미용 치료 존 사이에 가변 간격을 제공하도록 프로그래밍된다. 일 실시예에서, 개별 열 미용 치료 존의 시퀀스는 약 0.01 mm부터 약 25 mm까지 범위의 치료 간격(예를 들어, 1 mm, 1.5 mm, 2 mm, 1-5 mm)을 가진다. 일 실시예에서, 제1 및 제2 스위치는 사용자 조작 버튼 또는 키를 포함한다. 일 실시예에서, 제1 및 제2 스위치 중 적어도 하나는 제어 모듈에 의해 작동된다.

[0043] 일 실시예에서, 치료 기능은 페이스 리프트, 브로우 리프트, chin 리프트, 눈 치료, 주름 축소, 흉터 축소, 화상 치료, 문신 제거, 스킨 타이팅, 정맥 제거, 정맥 축소, 땀샘 치료, 다한증 치료, 주근깨 제거, 지방 치료, 질 회춘, 및 여드름 치료 중 적어도 하나이다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 약 1W에서 약 100W 범위(예를 들어, 5-40 W, 10-50 W, 25-35 W) 그리고 약 1 MHz에서 약 10 MHz 주파수 범위로 초음파 치료의 어쿠스틱 파워를 제공하도록 구성되어 조직을 열적으로 가열하여 응고시킨다. 일 실시예에서, 어쿠스틱 파워는 약 1W에서 약 100W 범위 그리고 약 1 MHz에서 약 12 MHz 주파수 범위(예를 들어, 4MHz, 7 MHz, 10MHz, 4-10MHz)이거나, 약 10W에서 약 50W 범위 그리고 약 3 MHz에서 약 8 MHz 주파수 범위일 수 있다. 일 실시예에서, 어쿠스틱 파워 및 주파수는 약 4.3 MHz에서 40 W 및 약 7.5 MHz에서 30 W이다. 이 어쿠스틱 파워에 의해 생성된 어쿠스틱 에너지는 약 0.01 줄(J)에서 약 10 J사이 또는 약 2 J에서 약 5 J 사이일 수 있다. 일 실시예에서, 어쿠스틱 에너지는 3 J 이하의 범위에 있다.

[0044] 다양한 실시예에서, 다초점 초음파 치료 시스템은 초음파 치료를 제공하는 초음파 치료 기능을 동작 가능하게 제어하는 제어 장치 및 개별 열 미용 치료 존의 시퀀스로 초음파 치료를 향하게하는 핸드 완드를 포함한다. 핸드 완드는 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 초음파 치료를 인가하는 트랜스듀서를 포함하며, 로케이션은 열 미용 치료 존 내에 포지션되되, 트랜스듀서는 복수의 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 초음파 치료를 동시에 인가하도록 더 구성된다.

[0045] 다양한 실시예에서, 심미적 이미징 및 다초점 치료 시스템은 복수의 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 진폭 변조 폴링 및 위상 쉬프팅 중 적어도 하나로 초음파 치료를 인가하는 초음파 트랜스듀서를 포함하는 초음파 프

로브 및 초음파 프로브에 결합되어 초음파 트랜스듀서를 제어하는 제어 모듈을 포함한다. 일 실시예에서, 복수의 로케이션은 미용 치료 존 내에서 실질적으로 선형 시퀀스로 배치된다. 일 실시예에서, 제1 로케이션 집합은 제1 미용 치료 존 내에 배치되고 제2 로케이션 집합은 제2 미용 치료 존 내에 배치되며, 제1 미용 치료 존과 제2 미용 치료 존은 상이하다. 일 실시예에서, 제1 미용 치료 존은 제1 로케이션 집합의 실질적으로 선형 시퀀스를 포함하며 제2 미용 치료 존은 제2 로케이션 집합의 실질적으로 선형 시퀀스를 포함한다. 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 진폭 변조를 이용하여 초음파 치료를 인가하도록 구성되며, 초음파 트랜스듀서는 복수 진폭의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성된 복수의 부분을 포함하되, 제1 진폭과 제2 진폭은 상이하다. 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 초음파 치료 위상 쉬프팅을 인가하도록 구성되며, 초음파 트랜스듀서는 복수 위상의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성된 복수의 부분을 포함하되, 제1 위상과 제2 위상은 상이하다. 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 진폭 변조를 이용하여 초음파 치료를 인가하도록 구성되며, 초음파 트랜스듀서는 복수 진폭의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성된 복수의 부분을 포함하되, 제1 진폭과 제2 진폭은 상이하며, 초음파 트랜스듀서는 초음파 치료 위상 쉬프팅을 인가하도록 구성되며, 초음파 트랜스듀서는 복수 위상의 어쿠스틱 세기로 초음파 치료를 방사하도록 구성된 복수의 부분을 포함하되, 제1 위상과 제2 위상은 상이하다. 일 실시예에서, 복수의 위상은 이산 위상 값을 포함한다.

[0046] 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 압전 물질을 포함하며, 초음파 트랜스듀서의 복수의 부분들은 초음파 트랜스듀서에 인가된 전기장에 대한 응답으로 복수의 상응하는 압전 물질 변화를 생성하도록 구성된다. 일 실시예에서, 복수의 압전 물질 변화는 압전 물질의 확장 및 압전 물질의 수축 중 적어도 하나를 포함한다. 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 초음파 치료를 둘 이상의 진폭의 어쿠스틱 세기로 방사하도록 구성된 적어도 한 부분을 포함하되, 압전 물질의 적어도 한 부분에 의해 방사된 초음파 치료의 진폭은 시간에 걸쳐 변화한다. 일 실시예에서, 시스템은 복수의 개별 미용 치료 존 사이에 가변 간격을 제공하도록 프로그래밍된 이동 메커니즘을 또한 포함한다. 일 실시예에서, 개별 미용 치료 존의 시퀀스는 약 0.01 mm부터 약 25 mm까지 범위의 치료 간격을 가진다. 다양한 실시예에서, 초음파 치료는 페이스 리프트, 브로우 리프트, chin 리프트, 눈 치료, 주름 축소, 흉터 축소, 화상 치료, 문신 제거, 스킨 타이팅, 정맥 제거, 정맥 축소, 땀샘 치료, 다한증 치료, 주근깨 제거, 지방 치료, 질 회춘, 및 여드름 치료 중 적어도 하나이다. 일 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 약 1W에서 약 100W 범위 그리고 약 1 MHz에서 약 10 MHz 주파수 범위로 초음파 치료의 어쿠스틱 파워를 제공하도록 구성되어 조직을 열적으로 가열하여 응고시킨다.

[0047] 일 실시예에서, 치료 시스템은 초음파 치료를 제공하는 초음파 치료 기능을 동작 가능하게 제어하는 제어 장치 및 개별 열 미용 치료 존의 시퀀스로 초음파 치료를 향하게하는 핸드 완드를 포함한다. 일 실시예에서, 핸드 완드는 복수의 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 초음파 치료를 동시에 인가하는 트랜스듀서를 포함한다.

[0048] 다양한 실시예에서, 의사에 의해서 수행되지 않는 미용 기술을 수행하는 시스템은, 트랜스듀서 모듈을 포함하는 초음파 프로브를 포함한다. 일 실시예에서, 초음파 프로브는 복수의 로케이션에 있는 조직에 초점 깊이로 진폭 변조 폴링 및 위상 쉬프팅 중 적어도 하나로 초음파 치료를 인가하도록 구성된 초음파 트랜스듀서를 포함한다. 일 실시예에서, 초음파 프로브는 어쿠스틱 이미징을 제어하는 제1 스위치를 포함하고, 초음파 프로브는 복수의 개별 미용 치료 존을 유발하는 어쿠스틱 치료를 제어하는 제2 스위치를 포함하며, 초음파 프로브는 개별 미용 치료 존 사이에 바람직한 간격을 제공하는 이동 메커니즘을 포함한다.

[0049] 다양한 실시예에서, 미용 치료에 사용되는 심미적 이미징 및 치료 시스템은 초음파 프로브를 포함한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 초음파 치료를 음파적으로 투명한(acoustically transparent) 부재에 있는 개구를 통해 인가하여 조직내 초점 깊이로 열 응고 점을 형성하도록 구성된 초음파 트랜스듀서를 포함한다. 일 실시예에서, 제1 스위치는 초음파 이미징을 제공하는 초음파 이미징 기능을 동작 가능하게 제어하고, 제2 스위치는 초음파 치료를 제공하는 초음파 치료 기능을 동작 가능하게 제어하며, 이동 메커니즘은 개별 열 미용 치료 존의 적어도 하나의 시퀀스 내에서 초음파 치료를 향하게한다. 다양한 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 초음파 이미징과 초음파 치료를 위해 구성되고, 트랜스듀서 모듈은 초음파 프로브에 결합하기 위해 구성되며, 트랜스듀서 모듈은 제1 스위치, 제2 스위치 및 이동 메커니즘 중 적어도 하나에 동작 가능하게 결합되도록 구성된다. 일 실시예에서, 제어 모듈은 트랜스듀서 모듈을 제어하기 위해 프로세서 및 디스플레이를 포함한다.

[0050] 일 실시예에서, 복수의 로케이션은 미용 치료 존 내에서 실질적으로 선형 시퀀스로 배치된다. 일 실시예에서, 제1 로케이션 집합은 제1 미용 치료 존 내에 배치되고 제2 로케이션 집합은 제2 미용 치료 존 내에 배치되며, 제1 미용 치료 존과 제2 미용 치료 존은 상이하다. 일 실시예에서, 제1 미용 치료 존은 제1 로케이션 집합의 실질적으로 선형 시퀀스를 포함하며 제2 미용 치료 존은 제2 로케이션 집합의 실질적으로 선형 시퀀스를 포함한다. 일 실시예에서, 이동 메커니즘은 복수의 개별 열 미용 치료 존 사이에 고정된 간격을 제공하도록 구

성된다. 일 실시예에서, 개별 열 미용 치료 존의 시퀀스는 약 0.01 mm부터 약 25 mm까지 범위의 치료 간격을 가진다. 일 실시예에서, 제1 및 제2 스위치는 사용자 조작 버튼 또는 키를 포함한다. 일 실시예에서, 치료 기능은 페이스 리프트, 브로우 리프트, 찐 리프트, 눈 치료, 주름 축소, 흉터 축소, 화상 치료, 문신 제거, 스킨 타이팅, 정맥 제거, 정맥 축소, 땀샘 치료, 다한증 치료, 주근깨 제거, 지방 치료, 질 회춘, 및 여드름 치료 중 적어도 하나이다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 약 1W에서 약 100W 범위 그리고 약 1 MHz에서 약 10 MHz 주파수 범위로 초음파 치료의 어쿠스틱 파워를 제공하도록 구성되어 조직을 열적으로 가열하여 응고시킨다.

[0051] 다양한 실시예에서, 치료 시스템은 피부 표면 아래 상이한 깊이에 초음파 치료를 제공하는 초음파 치료 기능을 동작 가능하게 제어하는 제어 장치, 및 피부 표면 아래 둘 이상의 초점 깊이로 초음파 치료를 향하게하도록 구성된 핸드 완드를 포함하며, 핸드 완드는 피부 표면 아래 둘 이상의 초점 깊이로 초음파 치료를 인가하도록 구성된 적어도 두 개의 상호 교체 가능한 트랜스듀서 모듈을 연결하도록 구성되며, 트랜스모듈 각각은 열 응고점(TCP)의 하나 이상의 시퀀스를 생성하도록 구성된다.

[0052] 일 실시예에서, 시스템은 피부 표면 아래 적어도 하나의 깊이에서의 이미지를 제공하도록 구성된 이미징 트랜스듀서를 또한 포함한다. 일 실시예에서, 시스템은 개별 이산 병변의 시퀀스를 선형 시퀀스로 배치하는 이동 메커니즘을 또한 포함한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 약 1W에서 약 100W 범위 그리고 약 1 MHz에서 약 10 MHz 주파수 범위로 초음파 치료를 제공하도록 구성된 적어도 하나의 트랜스듀서 모듈을 포함한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 3 mm의 깊이로 치료를 제공하도록 구성된 하나의 트랜스듀서 모듈을 포함한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 4.5 mm의 깊이로 치료를 제공하도록 구성된 하나의 트랜스듀서 모듈을 포함한다.

[0053] 일 실시예에서, 적어도 두 개의 상호 교체 가능한 트랜스듀서 모듈은 피부 표면 아래 제1 초점 깊이에서 제1 치료 변환 소자(therapeutic transduction element)로 치료하도록 구성된 제1 상호 교체 가능한 트랜스듀서 모듈을 포함하고, 적어도 두 개의 상호 교체 가능한 트랜스듀서 모듈은 피부 표면 아래 제2 초점 깊이에서 제2 치료 변환 소자로 치료하도록 구성된 제2 상호 교체 가능한 트랜스듀서 모듈을 포함하며, 핸드 완드는 한 번에 제1 상호 교체 가능한 트랜스듀서 모듈 및 제2 상호 교체 가능한 트랜스듀서 모듈 중 하나를 연결하도록 구성되고, 시스템은 피부 표면 아래 제1 초점 깊이의 제1 이미지 및 피부 표면 아래 제2 초점 깊이의 제2 이미지를 보여주는 디스플레이를 포함한다.

[0054] 일 실시예에서, 핸드 완드는 한 번에 적어도 두 개의 상호 교체 가능한 트랜스듀서 모듈 중 하나를 연결하도록 구성되며, 적어도 두 개의 상호 교체 가능한 트랜스듀서 모듈은 피부 표면 아래 제1 초점 깊이에서 단일 제1 초음파 치료 소자로 치료하도록 구성된 제1 모듈, 및 피부 표면 아래 제2 초점 깊이에서 단일 제2 초음파 치료 소자로 치료하도록 구성된 제2 모듈을 포함한다. 일 실시예에서, 열 응고점의 하나 이상의 시퀀스의 생성은 열 응고점의 다중 선형 시퀀스의 생성을 포함한다.

[0055] 일 실시예에서, 이미징 트랜스듀서는 피부 표면 아래 적어도 한 깊이의 이미지를 제공하도록 구성되며, 개별 열 미용 치료 존은 개별 이산 병변이며, 개별 이산 병변의 시퀀스를 선형 시퀀스로 배치하는 이동 메커니즘을 더 포함하며, 트랜스듀서 모듈은 약 1W에서 약 100W 범위 그리고 약 1 MHz에서 약 10 MHz 주파수 범위로 초음파 치료를 제공하도록 구성된 적어도 하나의 트랜스듀서 모듈을 포함하고, 트랜스듀서 모듈은 3 mm 또는 4.5 mm의 깊이로 치료를 제공하도록 구성된 하나의 트랜스듀서 모듈을 포함하며, 치료 기능은 페이스 리프트, 브로우 리프트, 찐 리프트, 눈 치료, 주름 축소, 흉터 축소, 화상 치료, 문신 제거, 스킨 타이팅, 정맥 제거, 정맥 축소, 땀샘 치료, 다한증 치료, 주근깨 제거, 지방 치료, 질 회춘, 및 여드름 치료 중 적어도 하나이다.

[0056] 여기에 설명된 일부 실시예에서, 기술은 전적으로 미용 기술이지 의료 행위가 아니다. 예를 들어, 일 실시예에서, 여기에 설명된 방법은 의사에 의해서 수행될 필요가 없으며, 스파 또는 다른 심미적 기관에서 수행될 수 있다. 일부 실시예에서, 시스템은 피부의 비침습적 미용 치료를 위해서 이용될 수 있다.

[0057] 이상에서 요약되고 이하에서 상세히 제시되는 방법은 의료진에 의해 취해진 특정 행위를 설명하나, 이들 다른 사람에 의한 행위의 지시를 또한 포함할 수 있음을 이해하여야 한다. 그러므로, "트랜스듀서 모듈을 초음파 프로브에 결합"하는 것과 같은 행위는 "트랜스듀서 모듈을 초음파 프로브에 결합을 지시"하는 것을 포함한다.

[0058] 더욱이, 적용성의 영역은 여기에서 제공된 설명으로부터 명확해질 수 있다. 설명과 특정 예들은 설명의 목적으로만 의도된 것이며 여기에 개시된 실시예의 범위를 한정하기 위한 것이 아님을 이해하여야 한다.

도면의 간단한 설명

[0059] 여기에 설명된 도면은 예시를 위한 것일 뿐 본 명세서의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다. 본 발명의 실시예

들은 상세한 설명 및 첨부한 도면으로부터 충분히 이해될 수 있다.

도 1은 본 발명의 다양한 실시예에 따른 초음파 시스템의 개요도이다.

도 2는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 관심 영역에 결합된 초음파 시스템을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 다양한 실시예에 따른 트랜스듀서의 부분 단면도를 개략적으로 도시하고 있다.

도 4는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 초음파 시스템의 측면 부분 단면도이다.

도 5a 내지 5d는 본 발명의 일부 실시예에 따른 다양한 트랜스듀서에 대한 초점에 도달하기 위한 시간 지연을 도시한 그래프이다.

도 6a 내지 6c는 본 발명의 일부 실시예에 따른 다양한 트랜스듀서에 대한 초점에 도달하기 위한 시간 지연을 도시한 그래프이다.

도 7a 내지 7c는 본 발명의 일부 실시예에 따른 다양한 트랜스듀서에 대한 초점에 도달하기 위한 양자화된 위상 지연을 도시한 그래프이다.

도 8a 내지 8b는 본 발명의 일부 실시예에 따른 다양한 트랜스듀서에 대한 초점에 도달하기 위한 양자화된 위상 지연 프로파일을 도시한 그래프이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 분극된 압전 물질의 특성을 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 10a 내지 10b는 본 발명의 일부 실시예에 따른 진폭 변조의 근사화를 설명하기 위한 그래프이다.

도 11a 내지 11h는 본 발명의 일부 실시예에 따른 변조 함수 및 대응하는 세기 분포를 개략적으로 도시한 그래프이다.

도 12a 내지 12d는 본 발명의 일부 실시예에 따른 변조 함수 및 대응하는 세기 분포를 개략적으로 도시한 그래프이다.

도 13은 본 발명의 실시예에 따른 2-위상 시스템의 개요도이다.

도 14는 본 발명의 실시예에 따른 선택 가능한, 4 위상 시스템의 개요도이다.

도 15는 본 발명의 실시예에 따른 이산 페이즈 시스템의 성능을 나타낸 그래프이다.

도 16a 내지 16b는 본 발명의 일부 실시예에 따른 다양한 초점에서의 이산 페이즈 시스템의 성능을 나타낸 그래프이다.

도 17a 내지 17d는 본 발명의 일부 실시예에 따른 하이브리드 시스템의 개요도 및 그 성능을 나타낸 그래프이다.

도 18은 본 발명의 실시예에 따른 2-위상 선택 가능 시스템의 개요도이다.

도 19a 내지 19c는 본 발명의 실시예에 따른 초점 전 세기 분포 그래프이다.

도 20a 내지 20c는 본 발명의 실시예에 따른 초점에서의 세기 분포 그래프이다.

도 21은 본 발명의 실시예에 따른 진폭 변조 조리개 패턴의 개요도이다.

도 22a 내지 22c는 본 발명의 실시예에 따른 진폭 변조 조리개로부터의 초점 전 세기 분포 그래프이다.

도 23a 내지 23c는 본 발명의 실시예에 따른 진폭 변조 조리개로부터의 초점에서의 세기 분포 그래프이다.

도 24는 본 발명의 실시예에 따른 상태가 변경되는 진폭 변조 조리개 패턴의 개요도이다.

도 25a 내지 25d는 본 발명의 실시예에 따른 상태가 변경되는 진폭 변조 조리개로부터의 초점 전 세기 분포 그래프이다.

도 26a 내지 26c는 본 발명의 실시예에 따른 상태가 변경되는 진폭 변조 조리개로부터의 초점에서의 세기 분포 그래프이다.

도 27a는 본 발명의 실시예에 따른 두 개의 변경되는 레벨을 가진 진폭 변조 조리개의 개요도이다.

도 27b는 본 발명의 실시예에 따른 도 27a 개요도의 상태 천이 테이블이다.

도 28a는 본 발명의 실시예에 따른 세 개의 변경되는 레벨을 가진 진폭 변조 조리개의 개요도이다.

도 28b는 본 발명의 실시예에 따른 도 28a 개요도의 상태 천이 테이블이다.

도 29a는 본 발명의 실시예에 따른 네 개의 변경되는 레벨을 가진 진폭 변조 조리개의 개요도이다.

도 29b는 본 발명의 실시예에 따른 도 29a 개요도의 상태 천이 테이블이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0060] 이하에서는 실시예를 설명하며, 본 발명 또는 그 시사, 응용, 또는 그 이용을 제한하기 위한 것이 아니다. 도면에 걸쳐, 대응하는 도면 번호는 동일 또는 대응하는 부분과 특징을 지시한다. 본 발명의 다양한 실시예에서 지시된 특정 예에 관한 설명은 이해를 돕기 위한 것이며, 여기에 개시된 본 발명의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다. 더욱이, 설명된 특징을 가진 복수의 실시예를 인용하는 것은 추가적인 특징을 가진 다른 실시예 또는 설명된 특징의 상이한 조합을 일체화시킨 다른 실시예를 배제하지 않는다. 또한, 일 실시예의 특징은 다른 실시예의 설명 (및 도면)에 결합될 수 있다.
- [0061] 다양한 실시예에서, 조직의 초음파 치료를 위한 시스템 및 방법은 미용 치료를 제공하도록 구성된다. 다양한 실시예에서, 표피(epidermis), 진피(dermis), 근막(fascia), 근육(muscle), 지방, 및 표층성 근육 건막 시스템(superficial muscular aponeurotic system; "SMAS")과 같은 피부 표면 아래 조직 또는 피부 표면 조직은 초음파 에너지로 비침습적으로 치료된다. 초음파 에너지는 하나 이상의 치료 포인트에 포커스(focused), 언포커스(unfocused), 및/또는 디포커스(defocused)될 수 있으며, 표피, 진피, 하피(hypodermis), 근막, 근육, 지방, SMAS중 적어도 하나를 포함하는 관심 영역에 인가되어 미용 및/또는 치료 효과를 얻을 수 있다. 다양한 실시예에서, 시스템 및/또는 방법은 열 치료, 응고(coagulation), 절제(ablation) 및/또는 타이팅을 통해 비침습적 피부과 치료(dermatological treatment)를 조직에 제공한다. 여기에 개시된 일부 실시예에서, 비침습적 초음파는 하나 이상의 다음 효과를 얻기 위해 이용된다: 페이스 리프트, 브로우 리프트, chin 리프트, 눈 치료, 주름 축소, 흉터 축소, 화상 치료, 문신 제거, 정맥 제거, 정맥 축소, 땀샘 치료, 다한증 치료, 주근깨 제거, 여드름 치료, 및 뾰루지 제거. 일 실시예에서, 지방 감소가 얻어진다. 일 실시예에서, 데콜타주(decolletage)가 치료된다. 일부 실시예에서, 동일한 치료 세션 동안 둘, 셋 또는 그 이상의 유익한 효과를 얻으며, 동시에 얻을 수 있다. 다른 실시예에서, 장치는 지방 조직(예를 들어, 지방)에 사용될 수 있다. 다른 실시예에서, 시스템, 장치 및/또는 방법은 생식기 부위(예를 들어, 질의 지지 조직을 타이팅하는 것과 같은 질 회춘 및/또는 질 타이팅을 위한 질)에 적용될 수 있다.
- [0062] 본 발명의 다양한 실시예는 조직으로의 에너지 전달을 제어하는 장치 또는 방법에 관한 것이다. 다양한 실시예에서, 에너지의 다양한 형태는 어쿠스틱, 초음파, 빛, 레이저, 무선 주파수(RF), 마이크로 웨이브, 전자기, 방사선(radiation), 열(thermal), 극저온(cryogenic), 전자 빔, 광자 기반(photon-based), 자기(magnetic), 자기 공명(magnetic resonance), 및/또는 다른 에너지 형태를 포함할 수 있다. 본 발명의 다양한 실시예는 초음파 에너지 빔을 다중 빔으로 분할하는 장치 또는 방법에 관한 것이다. 다양한 실시예에서, 장치 또는 방법은 치료 초음파, 진단 초음파, 초음파를 이용한 비파괴 테스트(non-destructive testing; NDT), 초음파 용접, 물리적 파동(mechanical wave)을 물체에 결합시키는 임의의 어플리케이션, 및 다른 기술과 같은, 그러나 이에 한정되지 않는, 임의의 기술시 초음파 어쿠스틱 에너지의 전달을 바꾸는(alter)데 이용될 수 있다. 일반적으로, 치료 초음파로, 조직 효과는 포커싱 기법을 이용하여 어쿠스틱 에너지를 개구부터 집중시킴으로써 얻는다. 일부 예에서, 고강도 집중 초음파(high intensity focused ultrasound; HIFU)가 치료 목적을 위해 이 방법으로 사용된다. 일 실시예에서, 특정 깊이로 치료 초음파의 인가에 의해 생성된 조직 효과는 열 응고점(TCP)의 생성으로 불릴 수 있다. 특정 포지션에 TCP의 생성을 통해 조직의 열 및/또는 물리적 절제가 비침습적 또는 원격으로 발생할 수 있다.
- [0063] 일 실시예에서, TCP는 선형 또는 실질적으로 선형인 존 또는 시퀀스로 생성될 수 있으며, 각 개별 TCP는 이웃하는 TCP로부터 치료 간격만큼 분리된다. 일 실시예에서, 다중 TCP 시퀀스가 치료 영역에 생성될 수 있다. 예를 들어, TCP는 제1 선형 시퀀스 및 제1 선형 시퀀스로부터 치료 거리만큼 분리된 제2 선형 시퀀스를 따라 형성될 수 있다. 치료 초음파를 이용한 치료는 시퀀스로 개별 TCP의 생성 및 개별 TCP의 시퀀스를 통해 투여될 수 있지만, 치료 시간 및 환자가 경험하는 아픔 및/또는 불편함의 상응하는 위험을 줄이는 것이 바람직할 수 있다. 치료 시간은 동시에, 거의 동시에, 또는 연속적으로 다중 TCP를 형성함으로써 줄어든 수 있다. 일부 실시예에서, 치료 시간은 다중 TCP를 생성함으로써 10%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80% 또는 그 이상 줄어든 수 있다.

- [0064] 본 발명의 다양한 실시예는 초음파 치료의 투여에 의해 제거된 잠재적 도전을 다룬다. 다양한 실시예에서, 타겟 조직에 바람직한 임상적 접근을 위해서 바람직한 미용 및/또는 치료를 위한 TCP의 형성에 영향을 미치는 시간은 감소된다. 다양한 실시예에서, 타겟 조직은, 피부, 눈꺼풀, 속눈썹(eye lash), 눈썹(eye brow), 카룬쿨라 라크리말리스(caruncula lacrimalis), 잔주름(crow's feet), 주름, 눈, 코, 입, 혀, 치아, 잇몸, 귀, 뺨, 심장, 폐, 갈비뼈, 복부(abdomen), 위, 간, 신장, 자궁, 가슴, 질, 전립선, 고환, 분비선, 갑상선, 내장, 머리카락, 근육, 뼈, 인대, 연골, 지방, 팻 라블리(fat labuli), 지방 조직, 피하 조직, 이식된 조직, 이식된 장치, 림프(lymphoid), 종양(tumor), 낭종(cyst), 종기(abscess), 또는 신경 일부 중 어느 하나, 또는 이들의 조합이지만, 이에 한정되지 않는다.
- [0065] 일부 실시예에서, 진폭 변조 및/또는 이산 페이징 기술은 초음파 에너지를 방사하도록 구성된 개구에 적용될 수 있다. 이는 개구에 의해 방사된 초음파 빔이 다중 빔으로 분할되도록 하며, 이는 동시에, 실질적으로 동시에, 또는 연속적으로 초음파 에너지를 다중 로케이션 또는 초점에 전달할 수 있다. 일부 실시예에서, 진폭 변조는 초점 전 및/또는 후에 위치한 조직에 전달되는 초음파 에너지의 세기를 감소하기 위해서, 개구의 변조 상태를 변경하도록 구성된 기술에 결합될 수 있다. 다양한 실시예에서, 치료 시간은 1-24%, 1-26%, 1-39%, 1-50%, 또는 50% 이상 감소될 수 있다.
- [0066] 초음파 치료 및 이미징 장치의 다양한 실시예는 미국 출원 번호 제12/996,616호에 설명되어 있고, 2011년 5월 12일에 미국 특허 공개 제2011-0112405호로 공개되었고, 이는 2009년 6월 5일 출원되고 2009년 12월 10일에 영어로 공개된 국제 출원 번호 제 PCT/US2009/046475호의 미국 국내 단계(미국 특허법 371조)이고, 이는 2008년 6월 6일 출원된 미국 가출원 제61/059,477호의 우선권을 주장하며, 이들 각각은 여기에 참조로서 일체되어 있다.
- [0067] 시스템 오버뷰
- [0068] 도 1을 참조하면, 초음파 시스템(20)의 실시예는 핸드 완드(100), 모듈(200) 및 컨트롤러(300)를 포함한다. 핸드 완드(100)는 유선 또는 무선 인터페이스(130)에 의해 컨트롤러(300)에 결합될 수 있다. 인터페이스(130)는 커넥터(145)에 의해 핸드 완드(100)에 결합될 수 있다. 인터페이스(130)의 원단부는 회로(345)상의 컨트롤러 커넥터에 결합될 수 있다. 일 실시예에서, 인터페이스(130)는 컨트롤러(300)로부터 핸드 완드(100)로 제어 가능한 파워를 전송할 수 있다.
- [0069] 다양한 실시예에서, 컨트롤러(300)는 전체 초음파 시스템(20)의 기능성뿐만 아니라 핸드 완드(100) 및 모듈(200)과의 오퍼레이션을 위해 구성될 수 있다. 다양한 실시예에서, 다중 컨트롤러(300, 300', 300'')는 다중 핸드 완드(100, 100', 100'') 및/또는 다중 모듈(200, 200', 200'')과의 오퍼레이션을 위해 구성될 수 있다. 컨트롤러(300)는 인터랙티브 그래픽 디스플레이(310)를 포함할 수 있으며, 인터랙티브 그래픽 디스플레이는 터치 스크린 모니터 및 사용자가 초음파 시스템(20)과 인터랙티브 할 수 있는 그래픽 유저 인터페이스(GUI)를 포함할 수 있다. 도시된 바와 같이, 그래픽 디스플레이(315)는 터치 스크린 인터페이스(315)를 포함한다. 다양한 실시예에서, 디스플레이(310)는, 장비 구동 상태, 치료 파라미터, 시스템 메시지 및 프롬프트, 및 초음파 이미지를 포함하는 작동 상태를 설정하고 디스플레이한다. 다양한 실시예에서, 컨트롤러(300)는 그 중에서도, 예를 들어, 소프트웨어 및 입출력 장치를 구비한 마이크로 프로세서, 트랜스듀서의 전자 및/또는 기계적 스캐닝 및/또는 멀티플렉싱 및/또는 트랜스듀서 모듈의 멀티플렉싱을 위한 시스템 및 장치, 파워 전달 시스템, 모니터링 시스템, 프로브 및/또는 트랜스듀서 및/또는 트랜스듀서 모듈의 멀티플렉싱의 공간 포지션 감지 시스템, 및/또는 유저 입력을 처리하고 치료 결과를 기록하는 시스템을 포함하도록 구성될 수 있다. 다양한 실시예에서, 컨트롤러(300)는 하나 이상이 마이크로 컨트롤러, 마이크로 프로세서, 필드 프로그래머블 로직 어레이(FPGA), 컴퓨터 보드, 및 펌웨어 및 컨트롤 소프트웨어를 포함하는 연관된 컴포넌트와 같은 시스템 프로세서 및 다양한 아날로그 및/또는 디지털 로직을 포함할 수 있으며, 이들은 입출력 회로 및 통신, 디스플레이, 인터페이싱, 스토리지, 다큐멘테이션 및 다른 유용한 기능들뿐 아니라 사용자 컨트롤 및 인터페이싱 회로와 인터페이스할 수 있다. 시스템 프로세스에서 동작하는 시스템 소프트웨어는 초기화, 타이밍, 레벨 설정, 모니터링, 안전 모니터링, 및 사용자 정의 치료 목적을 달성하기 위한 모든 다른 초음파 시스템 기능을 제어하도록 구성될 수 있다. 또한, 컨트롤러(300)는 초음파 시스템(20)의 오퍼레이션을 제어하도록 절절히 구성될 수 있는 스위치, 버튼 등 다양한 입출력 모듈을 포함할 수 있다.
- [0070] 도 1에 도시된 바와 같이, 일 실시예에서, 컨트롤러(300)는 하나 이상의 데이터 포트(390)를 포함할 수 있다. 다양한 실시예에서, 데이터 포트(390)는 USB 포트, Bluetooth 포트, IrDA 포트, 패러렐 포트, 시리얼 포트 등일 수 있다. 데이터 포트(390)는 컨트롤러(300)의 전면, 측면, 또는 후면에 배치될 수 있으며, 저장 장치, 프린팅 장치, 컴퓨팅 장치 등에 접속하는데 이용될 수 있다. 초음파 시스템(20)은 랙(395)을 포함할 수 있다. 일 실시

예에서, 초음파 시스템(20)을 조작하기 위해서, 락(395)이 열려야만(unlocked) 파워 스위치(393)가 작동될 수 있다. 일 실시예에서, 락(395)은 예를 들어, USB 포트와 같은 데이터 포트(390)를 통해 컨트롤러(300)에 연결될 수 있다. 락(395)은 액세스 키(예를 들어, USB 액세스 키), 하드웨어 동글 등을 데이터 포트(390)에 입력하여 열 수 있다. 컨트롤러(300)는 비상 정지를 위해 쉽게 액세스할 수 있는 비상 정지 버튼(392)을 포함할 수 있다.

[0071] 일 실시예에서, 핸드 완드(100)는 150 또는 160과 같이 하나 이상의 손가락으로 작동되는 컨트롤러 또는 스위치를 포함한다. 일 실시예에서, 핸드 완드(100)는 탈착 가능한 모듈(200)을 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 모듈(200)은 탈착 가능하지 않을 수 있다. 모듈(200)은 래치나 커플러(140)를 이용하여 핸드 완드(100)에 기계적으로 결합될 수 있다. 인터페이스 가이드(235)는 모듈(200)을 핸드 완드(100)에 결합하는 것을 돕기 위해 이용될 수 있다. 모듈(200)은 하나 이상의 초음파 트랜스듀서를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 하나 이상의 초음파 소자를 포함한다. 모듈(200)은 하나 이상의 초음파 소자를 포함할 수 있다. 핸드 완드(100)는 이미징 전용 모듈, 치료 전용 모듈, 이미징 및 치료 모듈 등을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 제어 모듈(300)은 인터페이스(130)를 통해 핸드 완드(100)에 결합될 수 있으며, 그래픽 유저 인터페이스(310)는 모듈(200)을 제어하기 위해 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 제어 모듈(300)은 파워를 핸드 완드(100)에 제공할 수 있다. 일 실시예에서, 핸드 완드(100)는 파워 소스를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 스위치(150)는 조직 이미징 기능을 제어하도록 구성될 수 있으며 스위치(160)는 조직 치료 기능을 제어하도록 구성될 수 있다.

[0072] 일 실시예에서, 모듈(200)은 핸드 완드(100)에 결합될 수 있다. 모듈(200)은 초음파 에너지와 같은 에너지를 방사하고 수신할 수 있다. 모듈(200)은 핸드 완드(100)에 전기적으로 결합될 수 있으며, 그러한 결합은 컨트롤러(300)와 통신하는 인터페이스를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 인터페이스 가이드(235)는 모듈(200)과 핸드 완드(100) 사이에 전자 통신을 제공하도록 구성될 수 있다. 모듈(200)은 다양한 프로브 및/또는 트랜스듀서 구성을 포함할 수 있다. 예를 들어, 모듈(200)은 통합된(combined) 듀얼 모드 이미징/치료 트랜스듀서, 결합(coupled) 또는 공동 수납된(co-housed) 이미징/치료 트랜스듀서, 분리된 치료 및 이미징 프로브 등을 위해 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 모듈(200)이 핸드 완드(100)에 삽입되거나 연결되면, 컨트롤러(300)는 자동적으로 감지하고 인터랙티브 그래픽 디스플레이(310)를 업데이트한다.

[0073] 다양한 실시예에서, 표피, 진피, 하피, 근막 및 SMAS, 및/또는 근육 과 같은 피부 표면 아래 조직 또는 피부 표면 조직은 초음파 에너지로 비침습적으로 치료된다. 조직은 또한 혈관 및/또는 신경을 또한 포함한다. 초음파 에너지는 포커스, 언포커스, 또는 디포커스될 수 있으며, 적어도 표피, 진피, 하피, 근막 및 SMAS를 포함하는 관심 영역에 인가되어 치료 효과를 얻을 수 있다. 도 2는 관심 영역(10)에 결합된 초음파 시스템(20)을 개략적으로 도시한 도면이다. 다양한 실시예에서, 관심 영역(10)의 조직층은 대상 신체의 임의의 부위일 수 있다. 일 실시예에서, 조직층은 대상의 머리와 얼굴 영역에 있다. 관심 영역(10)의 조직의 단면 부분은 피부 표면(501), 표피층(502), 진피층(503), 지방층(505), SMAS 층(507), 및 근육층(509)을 포함한다. 조직은 표피층(503) 하부 임의의 조직을 포함할 수 있는 하피(504)를 또한 포함한다. 이 층들의 전체 조합은 피하 조직(510)으로 알려져 있다. 또한, 도 2에는 표면(501) 아래에 있는 치료 존(525)이 도시되어 있다. 일 실시예에서, 표면(501)은 대상(500)의 피부 표면일 수 있다. 조직층에서의 치료에 관한 실시예가 여기에 예시로서 사용되었으나, 시스템은 신체의 임의의 조직에 적용될 수 있다. 다양한 실시예에서, 시스템 및/또는 방법은 얼굴, 목, 머리, 팔, 다리, 또는 신체의 다른 로케이션에 사용될 수 있다.

[0074] 도 2를 참조하면, 초음파 시스템(20)의 실시예는 핸드 완드(100), 모듈(200), 및 컨트롤러(300)를 포함한다. 일 실시예에서, 모듈(200)은 트랜스듀서(280)를 포함한다. 도 3은 초점 깊이(278)에서 조직을 치료하도록 구성된 트랜스듀서(280)를 구비한 초음파 시스템(20)을 도시하고 있다. 일 실시예에서, 초점 깊이(278)는 트랜스듀서(280)와 치료할 타겟 조직 사이의 거리이다. 일 실시예에서, 초점 깊이(278)는 임의의 트랜스듀서(280)에 대해 고정된다. 일 실시예에서, 초점 깊이(278)는 임의의 트랜스듀서(280)에 대해 가변적이다.

[0075] 도 4를 참조하면, 모듈(200)은 음파적으로 투명한 부재(230)를 통해 에너지를 방사할 수 있는 트랜스듀서(280)를 포함할 수 있다. 다양한 실시예에서, 깊이는 초점 깊이(278)를 지칭할 수 있다. 일 실시예에서, 트랜스듀서(280)는, 트랜스듀서(280)와 음파적으로 투명한 부재(230) 사이의 거리인 오프셋 거리(270)를 가질 수 있다. 일 실시예에서, 트랜스듀서(280)의 초점 깊이(278)는 트랜스듀서로부터 고정된 거리이다. 일 실시예에서, 트랜스듀서(280)는 트랜스듀서로부터 음파적으로 투명한 부재(230)까지 고정된 오프셋 거리(270)를 가질 수 있다. 일 실시예에서, 음파적으로 투명한 부재(230)는 피부 표면(501)에 접촉하기 위해 모듈(200) 또는 초음파 시스템(20)상의 포지션에 구성된다. 다양한 실시예에서, 초점 깊이(278)는 피부 표면(501) 아래 조직 깊이(279)에 위치한 타겟 부위에서의 치료에 상응하는 양만큼 오프셋 거리(270)를 초과한다. 다양한 실시예에서, 초음파 시스템(20)이 피부 표면(501)에 물리적으로 접촉하게 배치되면, 조직 깊이(279)는 음파적으로 투명한 부재(230)와 타겟

부위 사이 거리이며, 피부와 (어쿠스틱 커플링 젤, 매질 등에 의해 또는 어쿠스틱 커플링 젤, 매질 등이 없이) 접촉하는 핸드 완드(100) 또는 모듈(200) 표면의 부분으로부터의 거리 및 피부 표면 접촉 포인트로부터 타겟 부위까지의 조직 깊이로 측정된다. 일 실시예에서, 초점 깊이(278)는 (커플링 젤 및/또는 피부(501)와 접촉하는 음파적으로 투명한 부재의 표면으로부터 측정된) 오프셋 거리(270)와 피부 표면(501) 아래 타겟 영역까지의 조직 깊이(279)의 합에 상응한다. 다양한 실시예에서, 음파적으로 투명한 부재(230)는 사용되지 않는다.

[0076] 커플링 컴포넌트는 트랜스듀서(280) 또는 모듈(200)을 관심 영역에 결합시킬 수 있는 다양한 물질(substance), 재료(material), 및/또는 장치를 포함한다. 예를 들어, 커플링 컴포넌트는 초음파 에너지 및 신호의 어쿠스틱 커플링을 위해 구성된 어쿠스틱 커플링 시스템을 포함할 수 있다. 매니폴드(manifold)와 같은 가능한 연결을 구비한 어쿠스틱 커플링 시스템은 사운드를 관심 영역에 결합시키거나, 액체 또는 유체 충전된 렌즈 포커싱을 제공하는데 이용될 수 있다. 커플링 시스템은 공기, 가스, 물, 액체, 유체, 젤, 고체, 젤이 아닌 물질(non-gel), 및/또는 이들의 임의의 조합, 또는 신호가 트랜스듀서(280)와 관심 영역 사이에서 전송될 수 있도록 하는 임의의 다른 매질을 포함하는 하나 이상의 커플링 매질의 사용을 통해 그러한 커플링을 가능하게 할 수 있다. 일 실시예에서, 하나 이상의 커플링 매질은 트랜스듀서 내부에 구비된다. 일 실시예에서, 유체 충전 모듈(200)은 하나 이상의 커플링 매질을 하우징 내부에 포함한다. 일 실시예에서, 유체 충전 모듈(200)은 하나 이상의 커플링 매질을 밀봉된(sealed) 하우징 내부에 포함하며, 초음파 장치의 건조한 부분으로부터 분리할 수 있다. 다양한 실시예에서, 커플링 매체는 초음파 에너지를 하나 이상의 장치와 조직간에 100%, 99% 이상, 98% 이상, 95% 이상, 90% 이상, 80% 이상, 75% 이상, 60% 이상, 50% 이상, 40% 이상, 30% 이상, 25% 이상, 20% 이상, 10% 이상, 및/또는 5% 이상의 전송 효율로 전송하는데 이용된다.

[0077] 다양한 실시예에서, 트랜스듀서(280)는 임의의 적합한 조직 깊이(279)에 있는 관심 영역을 이미징하고 치료할 수 있다. 일 실시예에서, 트랜스듀서(280)는 1 W 이하, 약 1 W부터 약 100 W, 및 약 100 W 이상의 범위로 어쿠스틱 파워를 제공할 수 있다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈(280)은 약 1 MHz 이하, 약 1 MHz부터 약 10 MHz, 및 약 10 MHz 이상의 주파수로 어쿠스틱 파워를 제공할 수 있다. 일 실시예로, 모듈(200)은 피부 표면 아래 약 4.5 mm의 조직 깊이(279)에서 치료를 위해서 초점 깊이(278)를 가진다. 트랜스듀서(280) 또는 모듈(200)의 일부 비제한적인 실시예는 3 mm, 4.5 mm, 6 mm, 3 mm 이하, 3 mm와 4.5 mm 사이, 4.5 mm와 6 mm 사이, 4.5 mm 이상, 6 mm 이상 등, 및 0-3 mm 범위, 0-4.5 mm 범위, 0-6 mm 범위, 0-25 mm 범위, 0-100 mm 범위 등, 및 이들 중 임의의 깊이의 조직 깊이에 초음파 에너지를 전달하도록 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 초음파 시스템(20)은 둘 이상의 트랜스듀서 모듈(280)이 구비된다. 예를 들어, 제1 트랜스듀서 모듈은 제1 조직 깊이(예를 들어, 4.5 mm)로 치료를 적용할 수 있고, 제2 트랜스듀서 모듈은 제2 조직 깊이(예를 들어, 3 mm)로 치료를 적용할 수 있으며, 제3 트랜스듀서 모듈은 제3 조직 깊이(예를 들어, 1.5-2 mm)로 치료를 적용할 수 있다. 일 실시예에서, 적어도 일부 또는 전체 트랜스듀서 모듈은 실질적으로 동일한 깊이로 치료를 적용하도록 구성될 수 있다.

[0078] 다양한 실시예에서, 초음파 시술을 위한 초점 로케이션의 개수 변경은, 트랜스듀서(270)의 초점 깊이(278)가 고정되었더라도 다양한 조직 깊이로 환자의 치료를 가능하게 하기 때문에, 유용할 수 있다. 이것은 상승 효과를 제공하고 단일 치료 세션의 임상 결과를 극대화할 수 있다. 예를 들어, 단일 표면 아래 다중 깊이 치료는 조직 치료의 더 큰 전체 체적을 가능하게 하며, 콜라겐 형성 및 타이팅을 높인다. 추가적으로, 상이한 깊이에서의 치료는 상이한 종류의 조직에 영향을 미쳐서, 높은 전체적인 미용 효과를 함께 제공하는 상이한 임상 효과를 생성한다. 예를 들어, 표피 치료(superficial treatment)는 주름의 존재를 감소시키며 더 깊은 치료는 더 많은 콜라겐 성장의 형성을 유도할 수 있다. 유사하게, 동일 또는 상이한 깊이로 다양한 로케이션에서의 치료는 치료를 향상시킨다.

[0079] 한 세션에서 상이한 로케이션에서의 대상 치료가 일부 실시예에서 유용할 수 있으나, 시간에 걸친 순차적인 치료가 다른 실시예에서는 유익할 수 있다. 예를 들어, 대상이 동일한 표면 영역아래를 첫 번째는 제1 깊이로 치료받고, 두 번째는 제2 깊이로 치료받을 수 있다. 다양한 실시예에서, 시간은 대략 나노초, 마이크로초, 밀리초, 초, 분, 시간, 일, 주, 달, 또는 다른 시간 주기일 수 있다. 제1 치료에 의해 생성된 새로운 콜라겐은 후속 치료에 더 민감할 수 있으며, 이는 일부 증상(indication)에 바람직할 수 있다. 다른 예로, 단일 세션에서 동일 표면 영역 아래 다중 깊이 치료는, 한 깊이에서의 치료가 (예를 들어, 높아진 혈류 흐름, 성장 인자의 자극, 호르몬 자극 등에 의해) 상승작용에 의해 다른 깊이에서의 치료를 높이거나 보완할 수 있기 때문에, 유용할 수 있다. 일부 실시예에서, 상이한 트랜스듀서 모듈은 상이한 깊이에서 치료를 제공한다. 일 실시예에서, 단일 트랜스듀서 모듈은 다양한 깊이로 조정되거나 제어될 수 있다. 정확하지 않은 깊이가 선택될 수 있는 위험을 최소화하는 안전 기능이 단일 모듈 시스템과 함께 사용될 수 있다.

[0080] 일부 실시예에서, 얼굴 하부 및 목 부위(예를 들어, 이하부(submental area))를 치료하는 방법이 제공된다. 일

부 실시예에서, 턱끝 접힘(mentolabial folds)을 치료하는(예를 들어, 유연하게 하는) 방법이 제공된다. 일부 실시예에서, 눈 부위를 치료하는 방법이 제공된다. 윗 눈꺼풀 이완(upper lid laxity) 및 눈 주위 선 및 감축(periorbital lines and texture)이 다양한 깊이로 치료하는 일부 실시예에 의해 개선될 수 있다. 단일 치료 세션에서 다양한 로케이션에서 치료함으로써, 이상적인 임상 효과(예를 들어, 유연화, 타이팅)를 얻을 수 있다. 일부 실시예에서, 여기에 설명된 치료 방법은 비침습적 미용 기술이다. 일부 실시예에서, 방법은, 피부 타이팅이 필요한, 외과적 페이스리프트 또는 지방흡입(liposuction)과 같은 침습적 기술과 함께 사용될 수 있다. 다양한 실시예에서, 방법은 신체의 임의의 부분에 적용될 수 있다.

[0081] 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 피부 표면에서 또는 피부 표면 아래 고정 깊이로 치료 시퀀스를 가능하게 한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 진피층 아래 고정된 깊이로 치료 시퀀스를 가능하게 한다. 일부 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 초음파 치료를 고정된 초점 깊이에서 개별 열 병변(이하에서는 열 응고점 또는TCP라 함)의 시퀀스로 향하게하도록 구성된 이동 메커니즘을 포함한다. 일 실시예에서, 개별 TCP의 선형 시퀀스는 약 0.01 mm부터 약 25 mm까지 범위의 치료 간격을 가진다. 예를 들어, 치료 간격은 1.1 mm 이하, 1.5 mm 이상, 약 1.1 mm와 약 1.5 mm 사이 등일 수 있다. 일 실시예에서, 개별 TCP는 이산적이다. 일 실시예에서, 개별 TCP는 오버래핑된다. 일 실시예에서, 이동 메커니즘은 개별 TCP 사이에 가변 간격을 제공하도록 프로그래밍된다. 일부 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 초음파 치료를 시퀀스로 향하게하여 TCP가 치료 거리만큼 이격된 선형 또는 실질적으로 선형 시퀀스로 형성되도록 하는 이동 메커니즘을 포함한다. 예를 들어, 트랜스듀서 모듈은 제1 선형 시퀀스 및 제1 선형 시퀀스로부터 치료 거리만큼 이격된 제2 선형 시퀀스를 따라 TCP를 형성하도록 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 개별 TCP의 인접한 선형 시퀀스간의 치료 거리는 약 0.01 mm부터 약 25 mm의 범위 내이다. 예를 들어, 치료 거리는 2 mm 이하, 3 mm 이상, 약 2 mm와 약 3 mm 사이 등일 수 있다. 일부 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 초음파 치료를 시퀀스로 향하게하여 TCP가 다른 선형 시퀀스로부터 치료 거리만큼 이격된 개별 열 병변의 선형 또는 실질적으로 선형 시퀀스로 형성되도록 하는 하나 이상의 이동 메커니즘을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 선형 또는 실질적으로 선형 TCP 시퀀스를 이격시키는 치료 거리는 동일 또는 실질적으로 동일하다. 일 실시예에서, 선형 또는 실질적으로 선형 TCP 시퀀스를 이격시키는 치료 거리는 선형 TCP 시퀀스의 다양한 인접하는 쌍에 대해 상이 또는 실질적으로 상이하다.

[0082] 일 실시예에서, 제1 및 제2 탈착 가능 트랜스듀서 모듈이 구비된다. 일 실시예에서, 제1 및 제2 트랜스듀서 모듈 각각은 초음파 이미징 및 초음파 치료 모두를 위해 구성된다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 치료만을 위해 구성된다. 일 실시예에서, 이미징 트랜스듀서는 프로브의 핸들 또는 핸드 완드에 부착될 수 있다. 제1 및 제2 트랜스듀서 모듈은 핸드 완드에 교체 가능한 커플링을 위해 구성된다. 제1 트랜스듀서 모듈은 조직의 제1 층에 초음파 치료를 인가하도록 구성되며, 제2 트랜스듀서 모듈은 조직의 제2 층에 초음파 치료를 인가하도록 구성된다. 조직의 제2 층은 조직의 제1 층과 상이한 깊이에 위치한다.

[0083] 도 3에 도시된 바와 같이, 다양한 실시예에서, 적합한 초점 깊이, 분포(distribution), 타이밍 및 에너지 레벨로 방사된 에너지의 전달은 컨트롤 시스템(300)에 의한 제어된 오퍼레이션을 통해 모듈(200)에 의해 제공되어 제어된 열 손상의 바람직한 치료 효과를 달성하여 표피층(502), 진피층(503), 지방층(505), SMAS 층(507), 근육층(509) 및/또는 하피(504) 중 적어도 하나를 치료한다. 도 3은 근육을 치료하기 위한 깊이에 상응하는 깊이의 실시예를 도시한다. 다양한 실시예에서, 깊이는 임의의 조직, 조직층, 피부, 표피, 진피, 하피, 지방, SMAS, 근육, 혈관, 신경, 또는 다른 조직에 대응할 수 있다. 오퍼레이션 도중에, 모듈(200) 및/또는 트랜스듀서(280)는 표면(501)을 따라 기계적으로 및/또는 전자적으로 스캔되어 확대된 부위를 치료할 수도 있다. 표피층(502), 진피층(503), 지방층(505), SMAS 층(507), 및/또는 근육층(509) 중 적어도 하나로 초음파 에너지(50)의 전달 전, 도중 또는 후에, 치료 부위 및 주의 구조의 모니터링이 제공되어 결과를 계획하고 평가 및/또는 그래픽 유저 인터페이스(310)를 통해 컨트롤러(300) 및 사용자에게 피드백을 제공할 수 있다.

[0084] 일 실시예에서, 초음파 시스템(20)은 표면(501) 아래로 향하게되고 포커스되는 초음파 에너지를 생성한다. 이 제어되고 포커스된 초음파 에너지(50)는 열 응고점 또는 존(TCP)(550)을 생성한다. 일 실시예에서, 초음파 에너지(50)는 피하 조직(510)에 보이드(void)를 생성한다. 다양한 실시예에서, 방사된 에너지(50)는 표면(501) 아래 조직을 타겟팅하며, 절개, 응고, 마이크로 절개(micror-ablate), 촉진(manipulate), 및/또는 표면(501) 아래 조직 부분(10)에 특정 초점 깊이(278)로 병변(550)을 유발한다. 일 실시예에서, 치료 시퀀스 도중에, 트랜스듀서(280)는 290으로 표시된 화살표 방향으로 이동하여 일련의 치료 존(254)을 생성하며, 각각은 방사된 에너지(50)를 받아서 하나 이상의 TCP(550)을 생성한다.

[0085] 다양한 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 하나 이상의 변환 소자를 포함할 수 있다. 변환 소자는, 니오부산리튬(lithium niobate), 티탄산납(lead titanate), 티탄산바륨(barium titanate), 및/또는 메타니오비움산납(lead

metaniobate)뿐만 아니라, PZT(lead zirconate titanate)와 같은 압전기적으로 활성화된 물질, 또는 압전 세라믹, 크리스털, 플라스틱 또는 합성 물질과 같이 임의의 다른 압전기적으로 활성화된 물질을 포함할 수 있다. 다양한 실시예에서, 압전기적으로 활성화된 물질에 더하여, 또는 대신에, 트랜스듀서는 방사선 및/또는 어쿠스틱 에너지를 생성하도록 구성된 임의의 다른 물질을 포함할 수 있다. 다양한 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 상이한 주파수와 치료 깊이에서 작동하도록 구성될 수 있다. 트랜스듀서 특성은 외경(outer diameter; OD) 및 초점 길이(F_L)로 정의될 수 있다. 일 실시예에서, 트랜스듀서는 $OD = 19 \text{ mm}$ 및 $F_L = 15 \text{ mm}$ 를 가지도록 구성될 수 있다. 다른 실시예에서, 약 19 mm 이하의 OD, 약 19 mm 이상의 OD 등 및 약 15 mm 이하의 F_L , 약 15 mm 이상의 F_L 등 다른 적합한 OD 및 F_L 값이 사용될 수 있다. 트랜스듀서 모듈은 초음파 에너지를 상이한 타겟 조직 깊이로 인가하도록 구성될 수 있다. 상술한 바와 같이, 일부 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 초음파 치료를 개별 TCP의 선형 또는 실질적으로 선형 시퀀스로 향하게(direct) 하는 이동 메커니즘을 포함한다. 예를 들어, 치료 간격은 약 1.1 mm , 1.5 mm 등일 수 있다. 일부 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 초음파 에너지를 시퀀스로 향하게하여 TCP가 치료 간격만큼 이격된 선형 또는 실질적으로 선형 시퀀스로 형성되도록 하는 이동 메커니즘을 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 트랜스듀서 모듈은 제1 선형 시퀀스 및 제1 선형 시퀀스로부터 약 2mm 와 3mm 사이의 치료 간격만큼 이격된 제2 선형 시퀀스를 따라 TCP를 형성하도록 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 사용자는 치료 부위의 표면을 가로질러 트랜스듀서 모듈을 수동으로 이동시켜서 TCP의 인접한 선형 시퀀스가 생성된다. 일 실시예에서, 이동 메커니즘은 치료 부위의 표면을 가로질러 트랜스듀서 모듈을 자동으로 이동시켜서 TCP의 인접한 선형 시퀀스가 생성된다.

[0086] 다양한 실시예에서, 치료는 더 빠른 속도와 높은 정확도로 유익하게 전달될 수 있다. 이것은 결과적으로 치료 시간을 감소시키고 대상이 경험하는 고통을 줄일 수 있다. 더욱이, TCP의 선형 또는 실질적으로 선형 시퀀스 사이의 치료 간격의 변화가 감소되면 효율이 증가될 수 있다. 일 실시예에서, 시스템은 단일 포커스 치료 포인트를 생성하도록 구성된 트랜스듀서를 사용한다. 일 실시예에서, 트랜스듀서는 선을 따라 기계적으로 이동하여 TCP의 선형 시퀀스를 생성할 수 있다. 예를 들어, 표 1은 일 실시예에 따른 TCP의 선형 시퀀스를 생성하는 예상 시간 및 TCP의 선형 시퀀스 사이를 이동하는 예상 시간을 제공한다. TCP의 선형 시퀀스를 생성하는 예상 시간과 TCP의 선형 시퀀스 사이를 이동하는 예상 시간이 거의 동일함을 알 수 있다.

표 1

[0087]

구분	시간(ms)	총 시간대비 비율
선형 시퀀스 생성 시간	2.9	48
선형 시퀀스간 이동 시간	3.2	52
총 시간	6.1	100

[0088] 다양한 실시예에서, 유익하게 치료는 다중 초점, 또는 TCP를 전달하도록 구성된 트랜스듀서를 사용하여 더 빠른 속도와 높은 정확도로 전달될 수 있다. 이것은 결국 치료 시간을 감소시키고 대상이 경험하는 고통을 줄일 수 있다. 일부 실시예에서, TCP의 선형 시퀀스를 생성하는 시간과 TCP의 선형 시퀀스 사이를 이동하는 시간이 단일 트랜스듀서로부터 다중 로케이션에 TCP를 방사함으로써 감소되면 치료 시간도 감소한다. **진폭 변조를 사용한 치료 전달개구 공간 주파수 분석 및 푸리에 변환**

[0089] 다양한 실시예에서, 푸리에 분석 및 푸리에 광학에 기초한 공간 주파수 분석 기술이 치료의 효율을 증가시키는 데 이용될 수 있다. 임펄스 응답 $h(t)$ 를 가지는 시스템이 자극(stimulus) $x(t)$ 에 의해 여기(excited)될 때, 입력 $x(t)$ 과 출력 $y(t)$ 간 관계는 다음의 컨볼루션 함수로 연관된다.

[0090]

$$y(t) = x(t) * h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(t-\tau)d\tau \quad (1)$$

[0091]

다양한 실시예에서, 푸리에 변환은 식 (1)의 컨볼루션을 계산하는데 적용될 수 있다. 연속 1차원 푸리에 변환은 다음과 같이 정의될 수 있다.

[0092]

$$Y(f) = F(y(t)) = \int_{-\infty}^{\infty} y(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad (2)$$

[0093]

여기서, f 는 주파수이고, t 는 시간이다. 시간 도메인에서 컨볼루션은 주파수 도메인에서의 곱셈(multiplication)과 동일함을 알 수 있다.

[0094]
$$\mathbf{F}(\mathbf{x}(t)*\mathbf{h}(t)) = \mathbf{X}(f)\mathbf{H}(f) = \mathbf{Y}(f) \quad (3)$$

[0095] 다양한 실시예에서, 프라운호퍼(Fraunhofer) 근사화가 트랜스듀서 개구 또는 조리개와 결과 초음파 빔 응답간의 관계를 유도하는데 사용될 수 있다. 프라운호퍼 근사화의 유도는 Joseph Goodman의 *Introduction to Fourier Optics* (3d ed. 2004)에 개시되어 있으며, 여기에 일체로서 참조된다. 프라운호퍼 근사화에 따르면, 복소 조리개(complex aperture)에 의해 생성된 원방계 복소 진폭 패턴(far-field complex amplitude pattern)은 개구 진폭 및 위상의 2차원 푸리에 변환과 동일한다. 일부 실시예에서, 이 광학 관계는, 선형 파 공식은 광 전파(light propagation)와 음파 전파(sound propagation) 모두를 나타내는데 사용될 수 있기 때문에 초음파에 확장될 수 있다. 광학 및/또는 초음파의 경우에, 2차원 푸리에 변환은 트랜스듀서의 초점에서 음파 압력 진폭 분포(sound wave pressure amplitude distribution)를 결정할 수 있다.

[0096] 다양한 실시예에서, 호이겐스-프레넬(Huygens-Fresnel) 적분은 표면 T에 있는 각각의 공진기 또는 트랜스듀서로부터의 효과(진폭 및 위상 모두)를 적분하여 조리개로부터 압력장 $U(P_0)$ 의 진폭을 결정한다. 이는 다음과 같이 표현된다.

[0097]
$$U(P_0) = \iint_{\Sigma} h(P_0, P_1) U(P_1) ds \quad (4a)$$

[0098]
$$h(P_0, P_1) = \frac{1}{j\lambda} \frac{e^{jk r_{01}}}{r_{01}} \cos(\vec{n}, \vec{r}_{01}) \quad (4b)$$

[0099] 여기서, k 는 $2\pi/\mu$ 로 표현된 파 수(wave number)이고, r_{01} 는 조리개로부터 장(field)내 스크린까지의 거리이고, \vec{n} 은 조리개로부터의 방향 벡터이고, $U(P_1)$ 는 조리개 내 압력장이며, $U(P_0)$ 는 스크린내 압력장이다.

[0100] 다양한 실시예에서, 다음 가정이 사용되어 압력장 $U(P_0)$ 내 진폭은 $U(P_1)$ 의 2차원 푸리에 변환이라고 근사화된다. 첫 번째로, 작은 각에서, \vec{n} 과 \vec{r}_{01} 사이 각도의 코사인 함수는 1이다. 이것은 다음과 같이 단순화된다.

[0101]
$$\cos(\vec{n}, \vec{r}_{01}) \approx 1$$

[0102]
$$r_{01} \approx z$$

[0103]
$$h(x_0, y_0; x_1, y_1) \approx \frac{1}{j\lambda} e^{jk r_{01}}$$

[0104] 여기서, z 는 깊이를 나타낸다. 두 번째로, 거리 r_{01} 의 프레넬 근사화는 이항식 전개(binomial expansion)를 사용하여 다음과 같이 표현될 수 있다.

[0105]
$$r_{01} = \frac{e^{jkz}}{z} e^{\left[\frac{jk}{2z}((x_1-x_0)^2 + (y_1-y_0)^2)\right]}$$

[0106] 세 번째로, 관찰 평면은 다음과 같이 조리개의 크기(dimension)보다 훨씬 크다고 가정될 수 있다.

[0107]
$$z \gg \frac{k(x_1^2 + y_1^2)_{max}}{2}$$

[0108] 이 가정들이 식 (4a) 및 (4b)에 적용되면, 장 내에서 진폭은 다음과 같이 표현될 수 있다.

[0109]
$$U(x_0, y_0) \approx \frac{e^{jkz}}{j\lambda z} e^{\left[\frac{jk}{2z}(x_0^2 + y_0^2)\right]} \iint_{-\infty}^{\infty} U(x_1, y_1) e^{-\frac{j2\pi}{\lambda z}(x_0 x_1 + y_0 y_1)} dx_1 dy_1 \quad (5)$$

[0110] 식 (5)는 적분의 외부에 전체 크기에 영향을 미치지 않는 2차 위상 항을 포함한다. 식 (5)를 식(2)와 비교하면 적분 내 독립 변수(argument)의 유사성이 드러난다. 특히, 주파수 f 에서 구한 1차원 함수 $y(t)$ 대신에, 2차원 함수 $U(x_1, y_1)$ 가 주어진 공간 주파수에서 다음과 같이 구해진다.

[0111]
$$f_x = \frac{x_0}{\lambda z} \quad (5a)$$

[0112]
$$f_y = \frac{y_0}{\lambda z} \quad (5b)$$

[0113] 식 (5)의 적분이 2차원 푸리에 변환이기 때문에, 식 (5)는 다음과 같이 다시 표현된다.

[0114]
$$U(x_0, y_0) \approx \frac{e^{jkz} e^{\left[\frac{jk}{2z}(x_0^2 + y_0^2)\right]}}{j\lambda z} F_{x_1} F_{y_1}(U(x_1, y_1)) \quad (6)$$

[0115] 다양한 실시예에서, 조리개 $U(x_1, y_1)$ 에서의 진폭 및 위상 함수는 두 개의 함수, 즉 각각 x_1 의 함수와 y_1 의 함수로 분리 가능하다.

[0116]
$$U(x_1, y_1) = g(x_1)h(y_1) \quad (7)$$

[0117] 식 (7)을 식 (6)에 적용하면, 더 단순화된다.

[0118]
$$U(x_0, y_0) \approx \frac{e^{jkz} e^{\left[\frac{jk}{2z}(x_0^2 + y_0^2)\right]}}{j\lambda z} F_{x_1}(g(x_1))F_{y_1}(h(y_1)) \quad (8)$$

[0119] 식 (8)은 분리 가능한 2차원 함수에 대한 장 내 조리개의 응답이 x_1 과 y_1 방향으로 두 개의 1차원 푸리에 변환의 곱셈임을 보여준다. 식 (6)과 식 (8)은, 식 (9a)와 (9b)에 표현된 바와 같이, 공간 주파수 독립 변수가 변화하는 예외를 가진 포커스된 시스템에 유지됨을 또한 보여줄 수 있다. 포커스된 시스템에 대해, 변수 z 는 z_1 로 대체될 수 있다.

[0120]
$$f_x = \frac{x_0}{\lambda z_f} \quad (9a)$$

[0121]
$$f_y = \frac{y_0}{\lambda z_f} \quad (9b)$$

[0122] 다양한 실시예에서, 푸리에 광학 및 푸리에 변환 항등식(일부는 아래 표 2에 표시됨)은 트랜스듀서 디자인에 대응하는 세기 분포(intensity distribution)를 결정하기 위해서 초음파 트랜스듀서에 사용될 수 있다. 예를 들어, 구형 $rect(ax)$ 의 푸리에 변환은 사인 함수이다. 다른 예로, 균일 진폭의 2차원 원의 푸리에 변환은 J_1 로 표현되는 1차 베셀(Bessel) 함수이다.

표 2

[0123]

	조리개 함수	푸리에 변환
1	$rect(ax)$	$\frac{1}{ a } sinc\left(\frac{\xi}{a}\right)$
2	$\delta(x)$	1
3	$\cos(ax)$	$\frac{\delta\left(\xi - \frac{a}{2\pi}\right) + \delta\left(\xi + \frac{a}{2\pi}\right)}{2}$
4	$\sin(ax)$	$\frac{\delta\left(\xi - \frac{a}{2\pi}\right) - \delta\left(\xi + \frac{a}{2\pi}\right)}{2j}$
5 (2차원 변환 쌍)	$circ(\sqrt{x^2 + y^2})$	$\frac{J_1(2\pi\sqrt{\xi_x^2 + \xi_y^2})}{\sqrt{\xi_x^2 + \xi_y^2}}$
6	$f(x) * g(x)$	$F(\xi)G(\xi)$
7	$f(x)g(x)$	$F(\xi) * G(\xi)$

[0124] 일부 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 적합한 크기와 초점 길이의 직사각형 조리개를 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 초음파 트랜스듀서는 적합한 크기와 초점 길이의 원형 조리개를 가질 수 있다. 일 실시예에서, 트랜스듀서는, 대략 9.5 mm의 외부 반지름, 대략 2 mm의 내경 및 대략 15 mm의 초점 거리를 가진 원형 조리개를 가질 수 있다. 원형 트랜스듀서의 조리개는 다음과 같이 설명될 수 있다.

$$f(x, y) = circ\left(\frac{r}{a}\right) - circ\left(\frac{r}{b}\right) \quad (10a)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (10b)$$

[0125] 예를 들어, a 는 대략 9.5 mm이고, b 는 대략 2 mm일 수 있다. 푸리에 변환을 식(10a)에 적용하면 초점에서의 음

파 압력 분포의 추정치를 얻을 수 있다.

$$F_{x,y}(f(x,y)) = F(\xi_x, \xi_y) = \frac{a J_1(2\pi a \sqrt{\xi_x^2 + \xi_y^2})}{\sqrt{\xi_x^2 + \xi_y^2}} - \frac{b J_1(2\pi b \sqrt{\xi_x^2 + \xi_y^2})}{\sqrt{\xi_x^2 + \xi_y^2}} \quad (11)$$

여기서, ξ_x 와 ξ_y 는 식 (9a)와 (9b)의 f_x 및 f_y 와 동일하다. 식 (11)은 원형 조리개를 가진 트랜스듀서의 음파 압력 분포가 1차 베셀 함수임을 보여준다. 일 실시예에서, 에너지의 상당한 대부분은 (예를 들어, 조리개로부터 15mm 떨어진) 초점에 집중된다. 메인 초음파 빔의 폭과 메인 빔으로부터의 에너지 분포는 식 (9a)와 (9b)에 표현된 것처럼 동작 주파수의 함수로 표현될 수 있다.

다양한 실시예에서, 조리개가 적절한 함수에 의해 변조(예를 들어, 체배(multiplied))되었다면, 두 개의 동일 또는 거의 동일한 빔이 초점에서 생성될 수 있다. 일 실시예에서, 코사인 함수가 다음과 같이 원형 조리개에 적용될 수 있다.

$$g(x,y) = \cos(cx) \left(\text{circ}\left(\frac{r}{a}\right) - \text{circ}\left(\frac{r}{b}\right) \right) \quad (12)$$

식 (12)의 변조된 조리개의 초점에서의 에너지 분포 또는 빔 응답은 조리개의 두 함수의 푸리에 변환의 컨볼루션이다.

$$G(\xi_x, \xi_y) = \left(\frac{\delta(\xi_x - \frac{c}{2\pi}) + \delta(\xi_x + \frac{c}{2\pi})}{2} \right) * F(\xi_x, \xi_y) \quad (13)$$

식 (13)은 푸리에 변환 항등식을 디랙(Dirac) 델타 함수(예를 들어, 표 2의 항등식 2)에 적용하는 두 개의 분리된 함수의 합으로 단순화될 수 있다.

$$G(\xi_x, \xi_y) = \frac{1}{2} \left(F\left(\xi_x - \frac{c}{2\pi}, \xi_y\right) + F\left(\xi_x + \frac{c}{2\pi}, \xi_y\right) \right) \quad (14)$$

식 (14)는 초점에 나타나는 두 빔은 최초의 변조되지 않은 빔과 비교할 때 공간적으로 $\frac{c}{2\pi}$ 만큼 쉬프트되었음을 보여준다. 일부 실시예에서, 사인 함수와 같은 하나 이상의 다른 변조 함수가 사용되어 원하는 빔 응답을 얻을 수 있다. 일부 실시예에서, 조리개는 둘 이상의 초점이 생성되도록 변조될 수 있다. 예를 들어, 셋, 넷, 다섯 개 등의 초점이 생성될 수 있다. 일부 실시예에서, 조리개는 초점이 동시보다는 연속적으로 또는 실질적으로 연속적으로 생성되도록 변조될 수 있다.

일부 실시예에서, 치료 트랜스듀서 모듈은, 개별 TCP 사이에 치료 간격을 가지는 개별 TCP의 선형 또는 실질적 선형 시퀀스로 초음파 치료를 향하게하도록 구성된 이동 메커니즘을 포함한다. 예를 들어, 치료 간격은 약 1.1 mm, 1.5 mm 등일 수 있다. 일부 실시예에서, 트랜스듀서 모듈은 TCP가 치료 간격만큼 분리된 선형 또는 실질적으로 선형 시퀀스로 형성되도록 초음파 치료를 시퀀스로 향하게하도록 구성된 이동 메커니즘을 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 트랜스듀서 모듈은 제1 선형 시퀀스 및 제1 선형 시퀀스로부터 약 2mm와 3mm사이의 치료 간격만큼 이격된 제2 선형 시퀀스를 따라 TCP를 형성하도록 구성될 수 있다. 식 (14)에 따르면, 조리개가 원하는 공간 주파수의 코사인 및/또는 사인 함수로 변조되면, 초음파 빔의 동시 또는 실질적으로 동시 분할을 초점에서(또는 초점 전에서) 얻을 수 있다. 일 실시예에서, 약 1.1 mm 치료 간격만큼 분리된 두 개의 동시 또는 거의 동시에 포커스된 빔이 선형 또는 실질적으로 선형 시퀀스로 생성될 수 있다. 7MHz의 초음파에서, 물에서 초음파의 파장 μ 는 개략 0.220 mm이다. 따라서, 초점에서 공간 주파수 ξ_x 와 ξ_y 는 다음과 같이 표현된다.

$$\xi_x = \frac{x_0}{15 * 0.220} = \frac{x_0}{3.3} \quad (15a)$$

$$\xi_y = \frac{y_0}{15 * 0.220} = \frac{y_0}{3.3} \quad (15b)$$

약 1.1 mm로 분리된 두 개의 초점을 배치하기 위해서, 조리개를 변조하기 위한 공간 주파수는 아래와 같이 계산된다. 표 2의 항등식 3 및 4를 사용하면, 사인 또는 코사인 함수의 푸리에 변환은 독립 변수를 가진 디랙 델타 함수이다.

$$arg = \frac{x_0}{3.3} - \frac{k_x}{2\pi} \quad (16a)$$

일 실시예에서, 식 (16a)는 독립 변수가 0일 때 k_x 에 대해 풀릴 수 있다.

$$k_x = \frac{2\pi x_0}{3.3} \quad (16b)$$

또한, x_0 는 분리 거리(예를 들어, 1.1 mm)의 반으로 대체될 수 있다.

$$k_x = \frac{2\pi \frac{s}{2}}{3.3} = \frac{2\pi \frac{1.1}{2}}{3.3} = 1.04 \text{ mm}^{-1} \quad (16c)$$

일부 실시예에서, 초음파 에너지를 다양한 동작 주파수로 방사하는 원형 조리개를 가진 트랜스듀서는 사인 및/또는 코사인 함수에 의해 표 3에 표시된 공간 주파수로 변조될 수 있다. 트랜스듀서의 변조된 조리개는 동시에 또는 실질적으로 동시에 분할된, 표 3에 표시된 바와 같이 상이한 분리 거리를 가진, 두 개의 초점을 가진 빔을 생성할 수 있다. 일 실시예에서, 트랜스듀서는 약 19mm의 OD와 약 15mm의 초점 거리를 가질 수 있다.

표 3

	초점간 분리 거리			
초음파 주파수	1.1 mm	1.5 mm	2 mm	3 mm
4 MHz	0.60	0.82	1.09	1.63
7 MHz	1.04	1.43	1.90	2.86
10 MHz	1.50	2.04	2.72	3.08

표3에서 보듯이, 일부 실시예에서, 초음파 동작 주파수가 주어진 초점 분리 거리에 대해서 증가하면 조리개 변조 함수의 공간 주파수도 증가한다. 또한, 원하는 초점 분리 거리가 증가하면, 공간 주파수도 증가한다. 일 실시예에서, 높은 공간 주파수는 조리개에서 더 빠르게 발생하는 진폭 천이(amplitude transition)를 초래할 수 있다. 트랜스듀서 처리 한계로 인해서, 조리개의 상이한 부분에 의해 생성된 음압량에 변화가 있을 수 있으므로, 조리개에서의 빠른 진폭 변화는 조리개를 덜 효율적으로 할 수 있다. 일 실시예에서, 동시 또는 거의 동시에 빔을 분할하는 공간 주파수를 사용하면, 각 빔의 전체 초점 이득을 감소시킬 수 있다. 식 (14)에서 보듯이, 각 빔의 초점에서의 장압(field pressure)은 변조되지 않은 빔과 비교할 때 두 배로 감소한다. 일 실시예에서, 조리개로부터의 음압 또는 초음파 세기는 증가되어 유사 또는 실질적으로 유사한 세기를 초점 평면에서 얻을 수 있다. 그러나, 일 실시예에서, 조리개에서 압력을 증가시키면, 시스템 및/또는 트랜스듀서 처리 한계에 의해 제한되지 않을 수 있다. 일 실시예에서, 조리개에서의 압력 증가는 전체 세기를 근접장(near field)에서 증가시킬 수 있으며, 이는 초점 전에 위치한 치료 부위 조직을 과도하게 가열할 가능성을 증가시킨다. 일 실시예에서, 초점 전 조직의 추가적인 가열의 가능성은 낮은 초음파 치료 주파수를 사용하여 제한되거나 제거될 수 있다. 일 실시예에서, 식 (12)에 개시된 조리개 변조 함수를 적용하면 두 개의 동시 또는 실질적으로 동시 초음파 빔을 초점에서 초래한다. 다양한 실시예에서, 초음파 빔은 세 번, 네 번, 다섯 번 등과 같이 여러 번 분할될 수 있어서, 다수의 동시 또는 거의 동시 빔을 생성할 수 있다. 일 실시예에서, 일 차원을 따라서 네 개의 균등하게 이격된 빔이 두 개의 분리된 공간 주파수에 의해 조리개를 변조 또는 체배하여 생성될 수 있다.

$$g(x, y) = (\cos(cx) + \cos(dx)) \left(\text{circ} \left(\frac{r}{a} \right) - \text{circ} \left(\frac{r}{b} \right) \right) \quad (17a)$$

$$G(\xi_x, \xi_y) = \frac{1}{2} \left(F \left(\xi_x - \frac{c}{2\pi}, \xi_y \right) + F \left(\xi_x + \frac{c}{2\pi}, \xi_y \right) + F \left(\xi_x - \frac{d}{2\pi}, \xi_y \right) + F \left(\xi_x + \frac{d}{2\pi}, \xi_y \right) \right) \quad (17b)$$

식 (17b)에서 보듯이, 초점에서 변조되지 않은 빔은 x 축을 따라 네 개의 상이한 로케이션에서 생성될 수 있다. 일 실시예에서, 상수 또는 DC 항인 C_1 이 진폭 변조 함수에 추가되어 최초 초점 로케이션에서 에너지의 배치를 유지할 수 있다.

$$g(x, y) = (\cos(cx) + \cos(dx) + C_1) \left(\text{circ} \left(\frac{r}{a} \right) - \text{circ} \left(\frac{r}{b} \right) \right) \quad (18a)$$

$$G(\xi_x, \xi_y) = \frac{1}{2} \left(F\left(\xi_x - \frac{c}{2\pi}, \xi_y\right) + F\left(\xi_x + \frac{c}{2\pi}, \xi_y\right) + F\left(\xi_x - \frac{d}{2\pi}, \xi_y\right) + F\left(\xi_x + \frac{d}{2\pi}, \xi_y\right) \right) + C_1 F(\xi_x, \xi_y) \quad (18b)$$

[0151]

[0152]

일 실시예에서, 식 (17)과 (18)의 조리개 변조는, 빔이 다중 로케이션에 동시 또는 동시에 배치될 수 있으므로, 시스템, 물질, 및 또는 조직 한계로 인해 적용성(applicability)을 제한할 수 있었다. 일 실시예에서, 초점 전에 위치한 치료 부위 조직을 가열할 수 있는 가능성으로 인해서, 그러한 가능성을 제한 및/또는 제거하기 위해서, 초음파 치료의 주파수는, 낮춰지는 것과 같이, 조정될 수 있다. 일 실시예에서, 초점 전 조직을 가열하는 가능성을 제한 및/또는 제거하기 위해서, 비선형 기술이 초점에서 적용될 수 있다. 일 실시예에서, 조리개로부터의 음압 또는 초음파 세기가 증가되어 유사 또는 실질적으로 유사한 세기를 초점 평면에서 얻을 수 있다.

[0153]

다양한 실시예에서, 식 (7)에서 보듯이, 조리개에서의 진폭 및 위상 함수가 분리 가능하면, 음압 함수 $U(x_1, y_1)$ 의 이차원 푸리에 변환은 x 와 y 두 함수의 일차원 푸리에 변환의 곱(product)으로 표현될 수 있으며, 이는 식 (8)에서 볼 수 있다. 다양한 실시예에서, 다중 선형 시퀀스를 동시에 또는 거의 동시에 생성하는 것뿐만 아니라 다중 TCP를 선형 또는 실질적으로 선형인 시퀀스로 생성하는 것은 유리하다. 표 1에서 보듯이, 일 실시예에서, 두 개의 TCP가 동시 또는 실질적으로 동시에 선형 시퀀스로 생성되지만 선형 시퀀스가 연속적으로 생성되면, 전체 치료 시간은 약 24% 감소될 수 있다. 일 실시예에서, 네 개의 TCP가 동시 또는 실질적으로 동시에 선형 시퀀스로 생성되지만 선형 시퀀스가 연속적으로 생성되면, 전체 치료 시간은 약 39% 감소될 수 있다. 일 실시예에서, 두 개의 TCP가 동시 또는 실질적으로 동시에 두 개의 선형 시퀀스를 따라서 생성되면, 전체 치료 시간은 약 50% 감소될 수 있다.

[0154]

Multiple Beam Splitting in Two Dimensions

[0155]

이차원에서 다중 빔 분할

[0156]

일부 실시예에서, 다음의 조리개 진폭 변조 함수를 사용하면, 두 개가 각각 두 개의 선형 또는 실질적으로 선형 시퀀스로 형성되는 것과 같이, 네 개의 TCP가 생성될 수 있다.

[0157]

$$g(x, y) = \cos(cx) \cos(dy) \left(\text{circ}\left(\frac{r}{a}\right) - \text{circ}\left(\frac{r}{b}\right) \right) \quad (19a)$$

[0158]

이 함수의 푸리에 변환은 다음과 같다.

[0159]

$$G(\xi_x, \xi_y) = \frac{1}{4} \left(F\left(\xi_x - \frac{c}{2\pi}, \xi_y - \frac{d}{2\pi}\right) + F\left(\xi_x + \frac{c}{2\pi}, \xi_y - \frac{d}{2\pi}\right) + F\left(\xi_x - \frac{c}{2\pi}, \xi_y + \frac{d}{2\pi}\right) + F\left(\xi_x + \frac{c}{2\pi}, \xi_y + \frac{d}{2\pi}\right) \right) \quad (19b)$$

[0160]

식 (19a)와 (19b)에서 보듯이, 빔은 각 시퀀스가 두 개의 초점을 가진, 두 개의 선형 시퀀스로 변조될 수 있다. 일 실시예에서, 선형 시퀀스는 직교(orthogonal)할 수 있다. 일 실시예에서, 선형 시퀀스는 직교하지 않을 수 있다. 푸리에 변환은 식 (19b)에서 1/4 체배되므로, 빔의 진폭 또는 세기는 두 개의 초점으로 분할되는 빔과 비교할 때(예를 들어, 식 (14)에서 보듯이) 더 감소된다. 일 실시예에서, 초점 전에 위치한 치료 부위 조직을 가열하는 가능성으로 인해서, 초점 전에 위치한 조직의 과도한 가열의 가능성을 제한 및/또는 제거하기 위하여, 초음파 치료의 주파수는, 낮춰지는 것과 같이, 조정될 수 있다. 일부 실시예에서, TCP의 선형 또는 실질적으로 선형 시퀀스가 연속적으로 또는 실질적으로 연속적으로 생성되도록 변조가 적용될 수 있다.

[0161]

다양한 실시예에서, 식 (12) 내지 (14)에서 보듯이, 원형 조리개를 가진 트랜스듀서에 걸친 코사인 및/또는 사인 진폭 변조는 코사인 및/또는 사인 변조 함수의 공간 주파수만큼 쉬프트된 두 개의 분리된 빔을 생성한다. 다양한 실시예에서, 변조 함수는 다음과 같이 공간적으로 또는 위상 쉬프트될 수 있다.

[0162]

$$g_{\text{shift}}(x, y) = \cos(cx - \theta) \left(\text{circ}\left(\frac{r}{a}\right) - \text{circ}\left(\frac{r}{b}\right) \right) \quad (20a)$$

[0163]

$$G_{\text{shift}}(\xi_x, \xi_y) = \frac{1}{2} e^{j2\pi \xi_x \theta} \left(F\left(\xi_x - \frac{c}{2\pi}, \xi_y\right) + F\left(\xi_x + \frac{c}{2\pi}, \xi_y\right) \right) \quad (20a)$$

[0164]

일 실시예에서, 쉬프트에 의해 초래된 진폭은 식 (14)의 그것과 동일하다. 일 실시예에서, 공간 쉬프트(예를 들어, 각 만큼)는 초점에서의 전체 진폭을 변경하지 않지만, 위상은 변경된다. 일부 실시예에서, 위상의 변경은

초점 전에서 피크 세기를 감소하는데 유리하다. 일부 실시예에서, 초점에서의 세기 또는 초점 이득이 실질적으로 최대화되면서도 조직의 근접장 또는 초점 전 가열이 실질적으로 최소화되도록 조리개가 디자인될 수 있다.

[0165] 위상 쉬프팅을 사용한 치료 전달

[0166] 다양한 실시예에서, 빔은 축방향으로 분할될 수 있다. 시간 지연 분석 및 이산 페이지의 적용을 통해 그러한 축방향 분할을 분석하는 것이 유리할 수 있다. 일부 실시예에서, x 및/또는 y 축방향으로 빔 분할은 조리개의 평면 또는 이차원 진폭 변조(예를 들어, 식 (19a)와 (19b)에서 보는 것과 같은)에 결합될 수 있으며, 이는 빔을 이차원 또는 삼차원으로 분할하는 것을 초래한다. 일부 실시예에서, 빔은 조리개에서 위상 기울기(phase tilting)를 사용하여 쉬프트될 수 있으며, 이는 공간 쉬프팅과 실질적으로 동일할 수 있다. 일부 실시예에서, 위상 기울기는 다음 푸리에 변환 쌍을 사용하여 수행될 수 있다.

$$e^{jax} = \cos(ax) + j \sin(ax) \quad (21a)$$

$$F(e^{jax}) = \delta\left(\xi - \frac{a}{2\pi}\right) \quad (21b)$$

[0169] 일 실시예에서, 지수항의 크기가 일이므로, 이 함수는 위상만 변조되는 조리개를 설명한다. 일 실시예에서, 각 공간 로케이션은 다음의 허수부(사인)와 실수부(코사인)의 비율로 표현될 수 있는 상이한 위상 아래에 있는 요소를 가진다.

$$\theta(x) = \tan^{-1}\left(\frac{\sin(ax)}{\cos(ax)}\right) \quad (22)$$

[0171] 식 (22)는 위상차를 공간적으로 표현한다.

[0172] 다양한 실시예에서, 초음파의 전파에 연관된 시간 지연이 사용되어 빔을 포커싱하기 위한 위상 쉬프트 또는 기울기를 설명할 수 있다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 조리개는 다음의 기하학적 구조를 갖는 포커스된 원형 볼(bowl)일 수 있다.

$$r^2 + (z - z_f)^2 = z_f^2 \quad (23a)$$

$$r^2 = x^2 + y^2 \quad (23b)$$

[0175] 식 (23a)와 (23b)는 초점 길이 z_f 를 가진 볼 정점에 중심을 둔 원형 볼을 설명한다. 일 실시예에서, 초점은 (0, 0, z_f)로부터 (x_0 , y_0 , z_0)에 위치한 공간 포인트 P0로 이동될 수 있다. 볼 상의 임의의 포인트로부터 이 새로운 공간 포인트 P0까지의 거리는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$d = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + (z_1 - z_0)^2} \quad (24)$$

[0177] 여기서, (x_1 , y_1 , z_1)는 식 (23a)와 (23b)로 정의되는 볼 조리개 상의 포인트다. 일 실시예에서, 타겟 P0까지의 실제 시간을 결정하기 위해서, 다음과 같이 전파 거리d가 음파의 속도 c (343.2 m/s)로 나누어질 수 있다.

$$t = \frac{\sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + (z_1 - z_0)^2}}{c} \quad (25)$$

[0179] 일 실시예에서, 초점에서 지연된 초음파의 전파에 연관된 원하는 구조적인 간섭(constructive interference)을 얻기 위해서, 식 (25)가 사용되어 조리개의 다른 부분에 대한 상대적 시간 지연을 계산할 수 있다. 일 실시예에서, 이것은 식 (25)에서 최소 시간 지연을 차감하여 달성될 수 있다. 남은 시간은 조리개의 다른 부분에 의해 방사된 초음파가 새로운 공간 포인트 P₀에 도달하기 위한 추가 시간이다.

[0180] 일부 실시예에서, 초점 (0, 0, 15 mm)은 상이한 초점 P₀로 이동될 수 있다. 조리개 볼의 중심 또는 정점에 관련된 새로운 초점 P₀로의 상대적 시간 지연(반지름 거리로 표현)은 식 (25)를 사용하여 계산될 수 있으며, 19 mm의 외경(OD), 4 mm의 내경(ID), 및 15 mm의 초점까지의 거리(F_L)의 기하학적 구조를 가진 트랜스듀서에 대해서도 5A 내지 5D에 도시되어 있다. 다른 실시예는 다른 치수를 사용할 수 있으며, 본 예는 비제한적인 실시예이다. 다른 치수들도 고려된다. 도 5A는 조리개상의 공간 포인트로부터 이동하여 일 실시예에 따른 볼 상에서 변하는 방사상의 로케이션에 관한 타겟 초점 P₀ = (0, 0, 15 mm)에 도달하는 음파 에너지에 대한 상대적

시간 지연(1002a)(us)을 도시하고 있다. 예상한 대로, 타겟 포인트가 초점과 동일하며 초점이 변하지 않았으므로, 도 5A에 도시된 지연은 0이다. 도 5B는 조리개상의 공간 포인트로부터 이동하여 일 실시예에 따른 볼 상에서 변하는 방사상의 로케이션에 관한 타겟 초점 $P_0 = (0, 0, 10 \text{ mm})$ 에 도달하는 음파 에너지에 대한 상대적 시간 지연(1002b)(us)을 도시하고 있다. 도시된 바와 같이, 반지름 포지션은 트랜스듀서 볼의 중심에 있는 홀로 인해서 2mm에서 시작한다. 볼상의 반지름 포지션이 증가하므로 타겟 포인트 $P_0 = (0, 0, 10 \text{ mm})$ 까지의 시간이 증가한다. 도 5C는 조리개상의 공간 포인트로부터 이동하여 일 실시예에 따른 볼 상에서 변하는 방사상의 로케이션에 관한 타겟 초점 $P_0 = (0, 0, 20 \text{ mm})$ 에 도달하는 음파 에너지에 대한 상대적 시간 지연(1002c)(us)을 도시하고 있다. 도시된 바와 같이, 초점이 $P_0 = (0, 0, 20 \text{ mm})$ 로 쉬프트되면, 볼상의 반지름 포지션이 감소하므로 타겟까지의 시간이 감소한다. 도 5D는 조리개상의 공간 포인트로부터 이동하여 일 실시예에 따른 볼 상에서 변하는 방사상의 로케이션에 관한 타겟 초점 $P_0 = (2 \text{ mm}, 0, 14.7 \text{ mm})$ 에 도달하는 음파 에너지에 대한 상대적 시간 지연(1002d)(us)을 도시하고 있다. 일 실시예에서, 정점에서부터 타겟 초점 $P_0 = (2 \text{ mm}, 0, 14.7 \text{ mm})$ 까지의 총 거리는 약 15mm 이다. 도시된 바와 같이, 초점이 $P_0 = (2 \text{ mm}, 0, 14.7 \text{ mm})$ 로 쉬프트되면, 타겟까지의 시간은 볼상의 포지션의 x 좌표에 선형적으로 종속된다. 타겟까지의 시간은 정점에 관해서 양의 x 를 갖는 포지션에 대해 더 작으며, 정점에 관해서 음의 x 를 갖는 포지션에 대해 더 크다. -2 mm와 2mm 사이에 있는 양의 x 좌표를 갖는 포지션은 볼의 내경 바깥(예를 들어, 허수 요소가 위치할 수 있는)에서 발생한다.

[0181] 도 5A 내지 5D는 일부 실시예에 따라 음파 에너지를 초점에 구조적으로 배치하는 조리개상의 다양한 포인트로부터의 음파의 전파에 대한 시간 지연을 도시하고 있다. 0에 대한 음의 시간은 에너지가 그 포인트로부터 새로운 초점에 도달하는데 시간이 덜 걸린다는 것을 의미한다. 0에 대한 양의 시간은 에너지가 새로운 초점에 도달하는데 더 많은 시간이 걸린다는 것을 의미한다. 일 실시예에서, 적절한 시간 지연이 볼의 개별 포인트상에 배치된다면, 시간 지연은 제어되어 새로운 초점에서 구조적인 간섭을 얻을 수 있다. 일 실시예에서, 압전기적으로 활성화된 물질을 포함하는 트랜스듀서에 대해서, 초점을 기계적 초점 $(0, 0, z_f)$ 로부터 새로운 초점 P_0 으로 이동시키면 조리개상의 공진기가 구조적인 간섭을 초점 P_0 에서 생성하기 위해 이동해야(물질의 팽창과 수축으로 인해) 하는 거리가 변경된다. 이 거리는 거리를 음파의 속도로 나누어서 시간 지연으로 변환될 수 있다. 일 실시예에서, 조리개의 표면상의 공진기에 대한 시간 지연이 알려져 있다면, 초점 P_0 에 도달하기 위한 추가 시간 지연은 초점 P_0 에서 원하는 압력 세기를 얻을 수 있도록 설명될 수 있다.

[0182] 다양한 실시예에서, 적합한 주파수의 초음파는 타겟 부위로 향하게될 수 있다. 일 실시예에서, 압전기적으로 활성화된 물질을 포함하는 트랜스듀서는 적합한 동작 주파수의 지속파(continuous wave) 신호에 의해 전기적으로 여기되어 적합한 치료 주파수를 얻을 수 있다. 트랜스듀서의 다양한 실시예에서, 동작 주파수는 약 4 MHz, 약 7 MHz, 약 10 MHz, 약 4 MHz 이하(예를 들어, 약 20 KHz와 약 4 MHz 사이), 약 4 MHz와 약 7 MHz 사이, 10 MHz 이상 등일 수 있다. 일 실시예에서, 지속파 신호는 약 20 msec와 30msec 사이의 기간 동안 온 또는 활성화될 수 있다. 이것은 결국 조리개가 약 80,000 여기 신호의 사이클과 약 300,000여기 신호의 사이클 사이로 여기된다는 것을 의미할 수 있다. 일 실시예에서, 예를 들어, 약 20 msec 이하, 30 msec 이상 등과 같이, 여기 신호가 활성화되는 다른 적합한 기간이 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 여기 신호가 활성화되는 짧은 지속 시간(duration)은 초점에서 구조적인 간섭을 얻을 필요가 없도록 할 수 있다. 이것은 조리개의 상이한 포인트로부터 초점 P_0 으로의 초음파 신호의 전파에 대한, 활성화된 여기 신호의 지속 시간보다 큰, 시간 지연의 결과이다. 일 실시예에서, 구조적인 간섭을 얻기 위해 시간 지연을 제어하지 않고도 동작 주파수에 기초하여 조리개 로케이션에 대응하는 위상을 충분히 변경할 수 있다. 일 실시예에서, 조리개 로케이션에 대응하는 위상은 변경될 수 있으며, 추가적으로 새로운 초점에서 구조적인 간섭을 얻기 위한 시간 지연은 제어될 수 있다.

[0183] 도 6A 내지 6C는 일부 실시예에 따른 조리개의 정점에 관해서 음파의 전파에 연관된 위상 지연을 도시하고 있다. 일 실시예에서, 위상 지연은 시간 지연에 연관된다. 도 6A는 조리개상의 공간 포인트로부터 이동하여 일 실시예에 따른 볼 조리개상의 변하는 방사상의 로케이션에 관한 타겟 초점 $P_0 = (0, 0, 10 \text{ mm})$ 에 도달하는 음파 에너지에 대한 상대적 위상 지연(1012a, 1014a, 1016a)(각도)을 도시하고 있다. 곡선(1012a)은 약 4MHz 여기 신호에 대응하고, 곡선(1014a)은 약 7MHz 여기 신호에 대응하며, 곡선(1016a)은 약 10MHz 여기 신호에 대응한다. 도 6B는 조리개상의 공간 포인트로부터 이동하여 일 실시예에 따른 볼 조리개상의 변하는 방사상의 로케이션에 관한 타겟 초점 $P_0 = (0, 0, 20 \text{ mm})$ 에 도달하는 음파 에너지에 대한 상대적 위상 지연(1012b, 1014b, 1016b)(각도)을 도시하고 있다. 곡선(1012b)은 약 4MHz 여기 신호에 대응하고, 곡선(1014b)은 약 7MHz

여기 신호에 대응하며, 곡선(1016b)은 약 10MHz 여기 신호에 대응한다. 도 6C는 조리개상의 공간 포인트로부터 이동하여 일 실시예에 따른 볼 조리개상의 변하는 방사상의 로케이션에 관한 타겟 초점 $P_0 = (2\text{mm}, 0, 14.7\text{ m})$ 에 도달하는 음파 에너지에 대한 상대적 위상 지연(1012c, 1014c, 1016c)(각도)을 도시하고 있다. 곡선(1012c)은 약 4MHz 여기 신호에 대응하고, 곡선(1014c)은 약 7MHz 여기 신호에 대응하며, 곡선(1016c)은 약 10MHz 여기 신호에 대응한다. 도 6A 내지 6C에 도시된 바와 같이, 일 실시예에서, 조리개가 얇게, 깊게 또는 측면으로 포커스하려고 시도하는지는, 동작 주파수에 관련될 수 있으며, 위상 지연의 불연속의 수에 관련되어 있다. 임의의 길이에 걸친 불연속의 수는 여기 신호의 동작 주파수와 함께 증가한다. 일 실시예에서, 이하에서 설명하듯이, 제조 및 시스템 제한은 불연속의 수를 증가시킬 수 있다. 일 실시예에서, 도 6B에 도시된 바와 같이, 위상 지연 천이의 비율은, 트랜스듀서가 깊게 또는 얇게 포커스하는데 사용되는지에 상관 없이, 트랜스듀서의 가장자리(예를 들어, 그래프의 오른쪽 부분)를 향해 증가한다. 일 실시예에서, 도 6C에 도시된 바와 같이, 위상 지연 천이의 비율은, 트랜스듀서가 빔을 기울이는데 사용될 때, 실질적으로 일정하다. 도 5B 내지 5D 및 도 6A 내지 6C는 트랜스듀서 볼 상의 포인트로부터 초점까지의 추가 시간 및 위상을 도시하고 있다. 일 실시예에서, 추가 시간 및/또는 위상은, 적절한 트랜스듀서 로케이션에 시간 및/또는 위상의 반대인 것을 배치함으로써, 감소되거나 제거될 수 있다.

[0184] 이산 위상 쉬프팅을 사용한 치료 전달

[0185] 일 실시예에서, 지연 및/또는 위상 양자화는 시간 및/또는 위상 지연을 표현하는데 사용되는 정밀도에 영향을 줄 수 있다. 다시 말해, 이산 지연 및/또는 이산 위상이 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 시간 및/또는 위상 지연의 정밀도는 시스템 클럭 및/또는 지연을 표현하는데 이용 가능한 비트수와 같은 시스템 파라미터에 의해 제한될 수 있다. 일 실시예에서, 다른 시스템 파라미터가 대신하여 정밀도를 제한하거나, 정밀도를 더욱 제한할 수 있다. 일 실시예에서, 위상 지연들은 단위 원(360°) 주위로 균등하게 이격될 수 있다. 일 실시예에서, 위상 지연은 비주기적 또는 단위 원 주위로 불균등하게 이격될 수 있다. 표 4는 일부 실시예에 따른 위상 양자화 레벨을 보여주고 있다. 추가적인 레벨의 수(8보다 큰)는 일부 실시예에서 사용될 수 있다. 표 4에서 보듯이, 두 개의 위상($N=2$), 0° 와 180° 는 일 실시예에 따른 초음파 빔의 초점을 변경하는 위상 제어의 최소 레벨을 나타낸다.

표 4

[0186]

레벨의 수 (N)	위상 (각도)
2	0, 180
3	0, 120, 240
4	0, 90, 180, 270
5	0, 72, 144, 216, 288
6	0, 60, 120, 180, 240, 300
7	0, 51, 103, 154, 206, 257, 309
8	0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315

[0187] 도 7A 내지 7C는, 일부 실시예에 따른 조리개의 정점에 관해 위상 지연이 음파의 전파에 연관되어 포커스하는 경우에, 다양한 양자화 레벨에 대한 이산 또는 양자화된 위상 지연을 도시하고 있다. 도 7A 내지 7C는 약 7MHz의 동작 주파수에서의 음파 전파를 도시하고 있다. 도 7A는 조리개상의 공간 포인트로부터 이동하여 일 실시예에 따른 볼 조리개상의 변하는 방사상의 로케이션에 관한 타겟 초점 $P_0 = (0, 0, 10\text{ mm})$ 에 도달하는 음파 에너지에 대한 상대적 양자화 위상 지연(1022a, 1024a, 1026a)(각도)을 도시하고 있다. 곡선(1022a)은 2 위상 양자화 레벨에 대응하고, 곡선(1024a)은 3 위상 양자화 레벨에 대응하며, 곡선(1026a)은 4 위상 양자화 레벨에 대응한다. 도 7B는 조리개상의 공간 포인트로부터 이동하여 일 실시예에 따른 볼 조리개상의 변하는 방사상의 로케이션에 관한 타겟 초점 $P_0 = (0, 0, 20\text{ mm})$ 에 도달하는 음파 에너지에 대한 상대적 양자화 위상 지연(1022b, 1024b, 1026b)(각도)을 도시하고 있다. 곡선(1022b)은 2 위상 양자화 레벨에 대응하고, 곡선(1024b)은 3 위상 양자화 레벨에 대응하며, 곡선(1026b)은 4 위상 양자화 레벨에 대응한다. 도 7C는 조리개상의 공간 포인트로부터 이동하여 일 실시예에 따른 볼 조리개상의 변하는 방사상의 로케이션에 관한 타겟 초점 $P_0 = (2\text{ mm}, 0, 14.7\text{ mm})$ 에 도달하는 음파 에너지에 대한 상대적 양자화 위상 지연(1022c, 1024c, 1026c)(각도)을 도시하고 있다. 곡선(1022c)은 2 위상 양자화 레벨에 대응하고, 곡선(1024c)은 3 위상 양자화 레벨에 대응하며, 곡선(1026c)은 4 위상 양자화 레벨에 대응한다. 일부 실시예에서, 도 7A 내지 7C에 도시된 바와 같이(예를 들어, 곡선(1026a,

1026b, 1026c)), 양자화 레벨의 수가 증가하면, 7MHz 주파수를 가진 일 실시예에서의 양자화된 위상 지연 패턴은 도 6A 내지 6C에 도시된 양자화되지 않은 위상 지연 패턴(예를 들어, 곡선 (1014a, 1014b, 1014c))과 실질적으로 유사하게 된다. 도 7C의 곡선(1022c)에 관한 일 실시예에서(2 레벨 위상 양자화), 포커스된 빔이 2 mm와 -2 mm로 조종(steer)될 때, 결과 위상 지연 패턴은 실질적으로 동일한 공간 주파수에서 발생하는 0° 부터 180° 까지의 천이와 실질적으로 유사함을 보여준다. 위상 지연 패턴에 약간의 공간 쉬프트가 있다. 위상 지연 패턴이 2 mm와 -2 mm에서 실질적으로 유사하기 때문에, 초점에서의 어쿠스틱 세기 분포는 양 초점 로케이션에서 동시에 피크를 가질 수 있다. 일 실시예에서, 위상 양자화가 2 레벨이면, 특정 초점에 대한 위상 해(solution)는 다른 로케이션에 대한 해가 또한 될 수 있다. 일 실시예에서, 이 결과는 빔 축을 따르는 초점의 변경과 유사할 수 있다. 만일, 위상 양자화가 2 레벨이면, 하나의 초점에 대한 해는 다른 초점에 대한 해가 또한 될 수 있다. 도 8A는 일부 실시예에 따른 조리개의 정점에 관해 약 7MHz 동작 주파수에서 음파의 전파에 연관되어 포커스하는 이산 또는 양자화된 위상 지연을 도시하고 있다. 도 8A는 조리개상의 공간 포인트로부터 타겟 초점 (2 mm, 0, 14.7 mm)와 (-2 mm, 0, 14.7 mm)에 각각 도달하는 음파 에너지에 대한 상대적 위상 지연(1032a, 1034a)(각도)을 도시하고 있다. 곡선(1032a, 1034a)은 일 실시예에 따른 볼 조리개상에서 변하는 방사상의 로케이션에 관해 보여준다. 일 실시예에서, 2 양자화 레벨이 도 8A에서 보여진다. 도 8A에서 보듯이, 두 개의 초점에 대해 양자화된 위상 지연 패턴은 실질적으로 유사하다.

[0188] 도 8B는 일부 실시예에 따른 조리개의 정점에 관해 약 7MHz 동작 주파수에서 음파의 전파에 연관되어 포커스하는 이산 또는 양자화된 위상 지연을 도시하고 있다. 도 8B는 조리개상의 공간 포인트로부터 타겟 초점 (0, 0, 10.25 mm)와 (0, 0, 27 mm)에 각각 도달하는 음파 에너지에 대한 상대적 위상 지연(1032b, 1034b)(각도)을 도시하고 있다. 곡선(1032b, 1034b)은 일 실시예에 따른 볼 조리개상에서 변하는 방사상의 로케이션에 관해 보여준다. 일 실시예에서, 2 양자화 레벨이 도 8B에서 보여진다. 도 8B에서 보듯이, 두 개의 초점에 대해 양자화된 위상 지연 패턴은 실질적으로 180° 위상이 다르다.

[0189] 다양한 실시예에서, 초음파 빔을 포커스하기 위한 조리개에서의 연속 또는 이산 진폭 변조 및/또는 연속 또는 이산 위상 지연이 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 기계적 초점에 연관된 초점 이득이 바람직할 수 있기 때문에, 평평한 조리개에서 조리개 진폭 변조 및/또는 위상 제어를 사용하기 보다는 기계적인 초점을 제공하는 것이 유리할 수 있다. 일 실시예에서, 기계적 초점이 생성될 수 있고 변조 및/또는 위상 지연 기술이 기계적 초점에 적용될 수 있다면, 조리개 또는 시스템 디자인의 복잡도가 감소될 수 있다. 빔을 새로운 초점에 포커싱하기 위한 이산 위상 천이의 수가 감소되는 것이 하나의 장점이 될 수 있다. 다른 장점은 조리개가 이미 기계적으로 포커스되었을 때 상이한 이산 위상 레벨간 거리가 증가될 수 있다는 점인데, 이는 2, 3, 4 등과 같이 더 적은 양자화 레벨을 사용하게 할 수 있다.

[0190] 다양한 실시예에서, 압전 물질 폴링 및/또는 이산 시스템 페이징을 포함하는, 제조 방법이 사용되어 초음파 빔을 기계적 포커스로부터 이차원 및/또는 삼차원으로 분할하거나 포커스하도록 구성된 트랜스듀서를 제조하는데 이용될 수 있다. 다음은 트랜스듀서 디자인의 몇몇 비제한적 예들을 열거한다. 다양한 실시예에서, 다른 트랜스듀서 디자인이 개시된 방법을 이용하여 제조될 수 있다.

[0191] 트랜스듀서 폴링을 사용한 다초점 에너지 전달

[0192] 일부 실시예에서, 트랜스듀서는 압전 물질을 포함할 수 있다. 압전 세라믹 물질은 상승된 온도 및 높은 전기장에서 분극(poled)되어 넷 다이폴 모멘트(net dipole moment)를 생성할 수 있다. 넷 다이폴 모멘트는, 전기장이 다이폴 모멘트의 방향으로 물질 전체 또는 일부에 위치하면, 압전세라믹 물질이 물질 수축 또는 팽창하는 압전 효과를 가지도록 할 수 있다. 일 실시예에서, 변환 소자와 같은 트랜스듀서의 부분들은 상이한 폴링 모멘트 특성을 가지도록 처리될 수 있다. 일 실시예에서, 단일 변환 소자는 하나, 둘 또는 그 이상의 폴링 특성을 가지도록 처리될 수 있다. 일 실시예에서, 단일 변환 소자는 하나의 극(pole)을 가지도록 처리될 수 있다. 다른 실시예에서, 소자의 부분들은 하나의 극으로 처리되며, 소자의 처리되지 않은 부분들은 제2 극을 가질 수 있다. 일 실시예에서, 폴링 처리가 변환 소자상에 적용될 수 있다.

[0193] 도 9는 일 실시예에 따른 전압이 인가될 때 분극된 압전세라믹 물질 및 결과 작용의 개요도를 도시하고 있다. 일 실시예에서, 트랜스듀서는 PZT 압전세라믹 물질(1052)을 포함할 수 있다. PZT 압전세라믹 물질(1052)에 표시된 화살표는 넷 다이폴 모멘트이다. 일 실시예에서, 전기장이 다이폴 모멘트와 반대 또는 실질적으로 반대 방향이 되도록(1082) 전압이 PZT 압전세라믹 물질(1052)에 인가되면, 물질이 수축한다. 일 실시예에서, 전기장이 다이폴 모멘트와 동일 또는 실질적으로 동일한 방향이 되도록(1072) 전압이 PZT 압전세라믹 물질(1052)에 인가되면, 물질이 팽창한다. 일 실시예에서, 전압이 물질에 인가되지 않으면(1062), PZT 압전세라믹 물질(1052)은 팽창

하거나 수축하지 않는다.

[0194] 일부 실시예에서, 압전 물질 폴링은 조리개 진폭 변조를 구현하는데 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 2 레벨 변조는 2 레벨 위상 양자화와 동일할 수 있다. 식(12) 내지 (14)에서 보듯이, 트랜스듀서 조리개에 의해 방사된 초음파 빔은 변조 함수(예를 들어, 코사인 및/또는 사인 함수)의 공간 주파수에 연관된 거리만큼 쉬프트되어 초점 평면 내 두(또는 그 이상) 로케이션에 나타나도록 변조될 수 있다. 일 실시예에서, 폴링 방향은 조리개에서 진폭 변조를 변경하며 코사인 및/또는 사인 진폭 변조를 근사화하는데 사용될 수 있다. 도 9에서 보듯이, 일 실시예에서, 폴링 또는 물질 전체 또는 일부에 전압 인가는 3 레벨의 진폭 변조, -1(물질 수축), 1(물질 팽창), 및 0(물질 형상 변화 없음), 를 제공할 수 있다. 도 10A 및 10B는 일부 실시예에 따른 2 레벨 및 3 레벨 폴링을 사용한 진폭 변조의 근사화를 도시하고 있다. 도 10A는 일 실시예에 따른 사인 함수를 사용한 진폭 변조 근사화를 도시하고 있다. x축은 조리개의 정점에 대한 상대 거리를 나타내며, y축은 변조 함수의 진폭을 나타낸다. 곡선(1092a)은 변조 함수(예를 들어, 사인 함수)를 나타내고, 곡선(1094a)은 2 레벨 폴링을 사용한 근사화(예를 들어, ± 1)를 나타내며, 곡선(1096a)은 3 레벨 폴링을 사용한 근사화(예를 들어, ± 1 및 0)를 나타낸다. 도 10B는 일 실시예에 따른 0.25의 DC 오프셋을 가진 사인 함수를 사용한 진폭 변조 근사화를 도시하고 있다. x축은 조리개의 정점에 대한 상대 거리를 나타내며, y축은 변조 함수의 진폭을 나타낸다. 곡선(1092b)은 변조 함수(예를 들어, 사인 함수)를 나타내고, 곡선(1094b)은 2 레벨 폴링을 사용한 근사화(예를 들어, ± 1)를 나타내며, 곡선(1096b)은 3 레벨 폴링을 사용한 근사화(예를 들어, ± 1 및 0)를 나타낸다. 일 실시예에서, 도 10B에 도시된 바와 같이, 양으로 분극된 영역(1의 진폭을 가짐)의 폭이 음으로 분극된 영역(-1의 진폭을 가짐)의 폭보다 커서 평균 진폭은 DC오프셋(예를 들어, 0.25)과 실질적으로 동일하다. 2 레벨 또는 3 레벨의 한계는 얻을 수 있는 DC 오프셋을 -1과 1 사이로 제한한다. 일부 실시예에서, 3 레벨 이상의 폴링이 진폭 변조에 사용될 수 있다.

[0195] 일 실시예에서, 초점에서 에너지 분포를 수량화하기 위해서, 구형파가 관련 푸리에 변환 쌍을 가진 함수로 표현될 수 있다. 구형파의 주기 c에 대한 푸리에 급수 전개는 다음과 같다.

$$f_{square}\left(\frac{x}{c}\right)=\frac{4}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\sin(2\pi(2n-1)ct)}{(2n-1)}=\frac{4}{\pi}\left(\sin(2\pi ct)+\frac{1}{3}\sin(2\pi 3ct)+\frac{1}{5}\sin(2\pi 5ct)+\dots\right) \quad (25)$$

[0197] 일 실시예에서, 식 (25)에 설명된 진폭 변조를 구비한 원형 조리개는 다음과 같이 설명될 수 있다.

$$f_{aperture}(x,y)=f_{square}\left(\frac{x}{c}\right)\left(circ\left(\frac{r}{a}\right)-circ\left(\frac{r}{b}\right)\right) \quad (26a)$$

[0199] 이 함수의 푸리에 변환은 다음과 같다.

$$F_{xy}\left(f_{aperture}(x,y)\right)=\left[\frac{4}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\delta(\xi_x-(2n-1)c)-\delta(\xi_x+(2n-1)c)}{2j(2n-1)}\right]*F(\xi_x,\xi_y) \quad (26b)$$

[0201] 식 (26b)는 다음과 같이 단순화될 수 있다.

$$F_{xy}\left(f_{aperture}(x,y)\right)=\left[\frac{4}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{F(\xi_x-(2n-1)c,\xi_y)-F(\xi_x+(2n-1)c,\xi_y)}{2j(2n-1)}\right] \quad (26c)$$

[0203] 일 실시예에서, 초점 평면에서의 음파 압력은 각 빔 사이가 2c의 거리만큼 분리된 다중 공간 로케이션에서 메인 빔의 반복 패턴을 포함한다. 반복 패턴은 진폭이 감소할 수 있다.

[0204] 도 11a 내지 11h는 조리개 변조 또는 아포디제이션(apodization) 함수(2-레벨 폴링 또는 3-레벨 폴링을 사용함)의 일부 실시예 및 일부 실시예에 따른 7MHz 여기 신호에 의해 여기된 트랜스듀서에 대해서 초점에서의 음파 압력 대응하는 정규화된 세기 분포를 도시하고 있다. 일 실시예에서, 도 11a 내지 11h에 도시된 트랜스듀서는 OD = 19 mm 및 $F_L = 15$ mm인 원형 볼로 구성된다. 도 11a 및 11b는 일 실시예에 따른 빔을 분할하지 않은 아포디제이션 프로파일 및 대응하는 세기 분포를 도시하고 있다. 도 11b는 세기가 초점(1108)에 집중됨을 도시하고 있다. 도 11c 및 11d는 초점 피크간 약 1.1 mm으로 측면 분할된 빔을 가진 아포디제이션 프로파일 및 대응하는 세기 분포를 도시하고 있다. 도 11a의 영역(1104) 및 도 11c의 영역(1114)에 도시된 바와 같이, 일부 실시예에서, 트랜스듀서의 조리개의 부분은 0의 아포디제이션을 가지며, 이는 볼의 내경(inner diameter; ID)를 나타낸다. 일부 실시예에서, 지름이 약 4 mm인 것으로 도시된 이 영역들(1104, 1114)은 이미징 소자가 위치할 수 있는 영역에 대응할 수 있다. 일 실시예에서, 이미징 소자의 아포디제이션은 영역(1106)으로 나타낼 수 있다.

[0205] 도 11c를 참조하면, 일 실시예에서, 초점 피크간 약 1.1 mm 분할에 대한 진폭 변조가 도시되어 있다. 일 실시예에서, 2 폴링 또는 아포디제이션 레벨이 사용되면, 실질적으로 동일한 폭의 8 스트립이 조리개 표면에 정의된

다. 예를 들어, 2 스트립은 1112 및 1112'로 표시된다. 일 실시예에서, 스트립의 극성(polarization)은 트랜스듀서 표면에 걸쳐 -1부터 +1로 교번한다. 결과 빔 패턴이 도 11d에서 보여진다. 예상한 바와 같이, 초음파 빔이 약 -0.55 mm 및 약 0.55 mm에 위치한 두 초점(1120, 1120')에 나타난다. 빔의 높은 주파수 컴포넌트는 빔 축으로부터 약 1.65 mm 거리에 있는 영역(1122, 1122')에서 볼 수 있다. 일 실시예에서, 이 컴포넌트는 초점 영역(1120, 1120')보다 낮은 세기를 가진다. 높은 주파수 컴포넌트는, 식 (26c)에 표현된 바와 같이, 낮은 세기를 가진 제3 고조파에 대응할 수 있다. 다양한 실시예에서, 도 11e 내지 11h에 도시된 바와 같이, 트랜스듀서 표면의 극성 부분(1125, 1125')은 선(line), 곡선(curve), 형태(shapes), 파(wave), 패턴 등을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 극성 부분(1125, 1125')의 특징은 초점 분할을 유지하는데 사용될 수 있으며, 덜 가열하기 위해서 에너지를 초점 전에 및/또는 초점 뒤에 재분배할 수 있다.

[0206] 일 실시예에서, 빔의 분할은 x 차원(방위각(azimuth))과 y 차원(높이) 모두에서 발생할 수 있다. 일 실시예에서, x 및 y 축 분할은 푸리에 변환을 수행할 때 독립적으로 처리될 수 있다. 일 실시예에서, 조리개는 빔을 x차원에서 약 1.0 mm 및 y차원에서 약 0.5 mm로 분할하도록 디자인될 수 있다. 대응하는 조리개 변조 함수는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$f_{\text{aperture}}(x, y) = f_{\text{square}}\left(\frac{y}{a}\right) f_{\text{square}}\left(\frac{x}{c}\right) \left(\text{circ}\left(\frac{r}{a}\right) - \text{circ}\left(\frac{r}{b}\right) \right) \quad (27)$$

[0208] 진폭 변조를 교번하기 위한 공간 주파수는, 2 차원에 대해 계산된다는 예외를 가진, 식 (26a) 내지 (26c)와 함께 상술한 바와 같이 계산될 수 있다. 도 12a 내지 12d는 조리개 변조 또는 아포디제이션 함수(2-레벨 폴링을 사용함)의 일부 실시예 및 일부 실시예에 따른 7MHz 여기 신호에 의해 여기된 트랜스듀서에 대해서 초점에서의 음과 압력 대응하는 정규화된 세기 분포를 도시하고 있다. 일 실시예에서, 도 12a 내지 12d에 도시된 트랜스듀서는 OD = 19 mm 및 $F_L = 15$ mm인 원형 볼로 구성된다. 도 12a는 일 실시예에 따른 조리개에 대한 아포디제이션 함수를 도시하고 있다. 도시된 바와 같이, 체커보드(checkerboard) 패턴(1132, 1136)이 x 및 y 방향으로 진폭 교번하고 있다. 도 12b에 도시된 바와 같이, 체커보드 패턴은 예상된 거리만큼, 즉, x 방향으로 약 1.0 mm 및 y 방향으로 약 0.5 mm 분리된 4개의 실질적으로 구분된 초음파 빔(1140, 1140', 1142, 1142')을 생성한다. 일 실시예에서, 조리개의 정점에 상수를 추가하여 다섯 개 포인트 패턴을 얻을 수 있으며, 이는 대응하는 세기 분포를 원점에 가질 수 있다.

[0209] 일 실시예에서, 도 12c 및 12d에 도시된 바와 같이, 다중 주파수를 동일한 차원(예를 들어, x 차원)을 따라 배치하여 4개 피크선을 얻는다. 변조 함수는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$f_{\text{aperture}}(x, y) = \left(f_{\text{square}}\left(\frac{x}{a}\right) + f_{\text{square}}\left(\frac{x}{c}\right) \right) \left(\text{circ}\left(\frac{r}{a}\right) - \text{circ}\left(\frac{r}{b}\right) \right) \quad (28)$$

[0211] 도 12c는 일 실시예에 따른 조리개에 대한 아포디제이션 함수를 도시하고 있다. 도시된 바와 같이, 패턴(1142, 1146), 스트립의 극성은 -1부터 +1로 교번한다. 도 12d에 도시된 바와 같이, 패턴은 x 방향으로 약 1.0 mm 및 약 3.0 mm 분리된 4 개의 실질적으로 구분된 초음파 빔(1150, 1152, 1154, 1156)을 생성한다.

[0212] 일 실시예에서, 빔이 축 대칭을 유지하도록 빔의 축 분할 또는 한 차원을 따르는 분할을 얻을 수 있다. 일 실시예에서, 폴링으로부터 단지 두 개의 위상을 사용한 축 방향 빔 분할은 측면 분할을 얻는 것보다 더 어렵다. 이것은 둘 이상의 피크 사이에 세기 균형을 얻기 어려움 점에 기인한다. 일 실시예에서, 두 개의 위상은 다른 것보다 더 얇은 두 개의 동시 세기 피크를 생성할 수 있다. 더 깊은 세기 피크는, 조직 내 추가적인 회절 및 감쇠로 인해서, 얇은 피크보다 더 낮은 세기의 것일 수 있다. 일 실시예에서, 둘 이상의 위상이 사용되어 축 분할을 얻을 수 있다.

[0213] 일부 실시예에서, 이산 시스템 페이징의 적용을 통해서, 초음파 빔을 동시, 거의 동시, 또는 연속하여 둘 이상의 초점으로 분할할 수 있다. 도 13은 일 실시예에 따른 2-위상 시스템(1200)의 개요도이다. 도시된 바와 같이, 블록(1202)은 이산 위상 쉬프터를 구동하는 AC 전압(또는 전류)원이고, 블록(1204, 1206)은 각각 0° 및 180° 이산 위상 쉬프터이며, 블록(1208, 1210)은 위상이 쉬프트된 트랜스듀서 부분이다. 일 실시예에서, 이산 위상 쉬프터(1204, 1206)는 전압원(1202)으로부터 제공된 AC 전압(또는 전류)을 위상 쉬프트하도록 구성될 수 있어서, 결과 신호들은 180° 위상이 달라진다. 일 실시예에서, 이산 위상 쉬프터(1204, 1206)는 트랜스듀서의 상이한 부분을 여기하도록 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 시스템(1200)은 2 레벨의 물질 폴링을 모방하도록 구성된다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 부분(1208, 1210)을 전기적으로 절연시키는 것이 바람직할 수 있다. 일 실시예에 따른 전기적 절연 및 대응하는 연결 체계는 초점에서 그에 따른 빔 패턴을 결정할 수 있다. 일 실시예에서, 전기적 절연되지 않을 수 있다. 도 1을 참조하면, 일부 실시예에서, 이산 위상 쉬프터는 컨트롤러(300),

핸드 완드(100), 모듈(200) 및/또는 초음파 시스템(20)의 트랜스듀서에 배치될 수 있다. 일 실시예에서, 연속 위상 쉬프팅이 사용될 수 있다.

[0214] 일부 실시예에서, 둘 이상의 이산 위상 쉬프터가 사용될 수 있다(예를 들어, 표 4에서 보듯이). 위상 수의 증가는 빔을 조정 및/또는 포커스하기 위한 위상 지연의 개선된 근사화를 초래한다. 일 실시예에서, 4개의 이산 위상 쉬프터가 사용될 수 있다. 도 14는 일 실시예에 따른 4-위상 시스템(1250)의 개요도이다. 도시된 바와 같이, 블록(1252, 1254, 1256, 1258)은 이산 위상 쉬프터(1262, 1264, 1266, 1268)를 구동하는 AC 전압(또는 전류)원이다. 각 이산 위상 쉬프터는 4 개의 상이한 위상 0° , 90° , 180° , 및 270° 을 제공하도록 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 멀티플렉서(1272, 1274, 1276, 1278)가 포함되어 특정 위상의 신호를 선택할 수 있다. 선택된 위상을 가진 신호는 트랜스듀서(1280)의 부분들(1282, 1284, 1286, 1288)에 인가될 수 있다. 일 실시예에서, 부분은 단일 변환 소자를 가진 단일 트랜스듀서의 일부이다. 일 실시예에서, 부분은 변환 소자일 수 있다. 도시된 바와 같이, 트랜스듀서(1280)의 각 부분들(1282, 1284, 1286, 1288)은 선택적 위상(예를 들어, 위상 0° , 90° , 180° , 및 270°)을 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 트랜스듀서(1280)의 각 부분들(1282, 1284, 1286, 1288)은 전기적으로 절연(예를 들어, 서로로부터)될 수 있다. 일 실시예에서, 트랜스듀서(1280)가 부분들(1282, 1284, 1286, 1288)로 분리 또는 구획되면, 초음파 빔은 다중 초점 로케이션으로 조정되고 포커스될 수 있다.

[0215] 일 실시예에서, 많은 이산 위상 쉬프터를 제공하는 장점은, 실질적으로 완전하게 포커스된 원형 볼 트랜스듀서의 초점에서 측정된 세기와 비교되는, 평평한 디스크 또는 링 트랜스듀서 및 초점에서 측정된 세기를 고려함으로써 설명될 수 있다. 도 15는 일 실시예에 따른 이산-위상 시스템의 성능을 도시하고 있다. 일 실시예에서, 볼 트랜스듀서는 $OD = 19 \text{ mm}$ 및 $F_L = 15 \text{ mm}$ 를 갖도록 구성될 수 있으며, 그 세기(dB)는 선(1302)에 의해 도시되어 있다. 평평한 링 트랜스듀서의 세기는 선(1306)에 의해 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 평평한 링 트랜스듀서에 의해 생성된 초점 세기의 개선은 약 2와 5-6 이산 위상 레벨 사이에서 (예를 들어, 지수적으로) 증가하지만, 약 5-6 이산 위상 이후에는 변동이 없어지기 시작한다. 일 실시예에서, 세기는 -2.3 dB (선(1304))에 점근적으로 접근한다. 도시된 바와 같이, 일 실시예에서, 평평한 링 트랜스듀서(선(1306))는 볼 트랜스듀서(선(1302))보다 더 작은 초점 이득을 생성한다. 볼 수 있듯이, 일 실시예에서, 추가적인 이산 위상 레벨을 추가하면 초점에서 세기를 향상시킬 수 있고, 따라서 트랜스듀서 성능을 향상시킬 수 있다.

[0216] 일 실시예에서, 원하는 초점과 이상적인 초점간 세기 차이는 포커스된 볼을 사용하여 변경될 수 있다. 일 실시예에서, $OD = 19 \text{ mm}$ 및 $F_L = 15 \text{ mm}$ 인 원형 볼 트랜스듀서가 초기에 사용될 수 있다. 그 이후에, 일 실시예에서, 이산 페이징 기술이 사용되어 초점을 약 12 mm 또는 18 mm 깊이로 이동시킬 수 있다. 도 16a 및 16b는 일부 실시예에 따른 다양한 초점에서 이산-위상 시스템의 성능을 나타낸 그래프이다. 도 16a는 일 실시예에 따른, $OD = 19 \text{ mm}$ 및 $F_L = 12 \text{ mm}$ 인 볼 트랜스듀서의 성능(1312)과 비교할 때, 초점이 이산 페이징을 사용하여 12 mm 로 이동할 때 $OD = 19 \text{ mm}$ 및 $F_L = 15 \text{ mm}$ 인 볼 트랜스듀서의 성능(1316)을 도시하고 있다. 도시된 바와 같이, 선(1316)은 -1.3 dB (선(1314))에 점근적으로 접근한다. 일 실시예에서, 선(1316)을 도 15의 선(1306)에 의해 도시된 평평한 디스크 트랜스듀서와 비교하면, 볼 트랜스듀서에 의해 생성된 세기가 개선되었다. 도 16b는 일 실시예에 따른, $OD = 19 \text{ mm}$ 및 $F_L = 18 \text{ mm}$ 인 볼 트랜스듀서의 성능(1322)과 비교할 때, 초점이 이산 페이징을 사용하여 18 mm 로 이동할 때 $OD = 19 \text{ mm}$ 및 $F_L = 15 \text{ mm}$ 인 볼 트랜스듀서의 성능(1326)을 도시하고 있다. 도시된 바와 같이, 선(1326)은 0.5 dB (선(1324))에 점근적으로 접근한다. 도시된 바와 같이, 이산 페이징을 구비한 볼 트랜스듀서의 성능(선(1326))은, 이산 위상 레벨의 수가 약 6을 초과할 때와 같이, 이상적인 트랜스듀서(선(1322))의 성능을 초과할 수 있다. 일 실시예에서, 이산 위상을 사용하여 초점을 더 깊이 이동시키는 것이 유리할 수 있다.

[0217] 진폭 변조 및 이산 위상 쉬프팅을 사용한 치료 전달

[0218] 일부 실시예에서, 진폭 변조(예를 들어, 물질 풀링을 통해 구현됨)는 이산 페이징을 추가하여 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 초음파 빔 분할은, 예를 들어, 시스템 또는 트랜스듀서 물질 제한으로 인해서 얻기 어려울 수 있는 트랜스듀서의 파워를 증가시킬 수 있다. 초음파 빔을 한 초점 포지션에서 다른 초점 포지션으로 위상 쉬프트 또는 기울이는 것이 바람직할 수 있다. 일 실시예에서, 초음파 빔 분할은 초점 전 조직을 과도하게 가열하는 가능성으로 인해서 달성하기 어려울 수 있다. 일 실시예에서, TCP의 선형 시퀀스는 트랜스듀서를 이동시키지 않고도 연속적으로 또는 실질적으로 연속적으로 생성될 수 있으며, 이는 치료 시간을 감소시킬 수 있다. 일 실시예에서, 트랜스듀서는 이동하여 치료 포인트를 더 분배할 수 있다. 일 실시예에서, 트랜스듀서는 7MHz 여기 신호로 여기되며 약 19 mm 의 OD, 약 4 mm 의 ID, 약 15 mm 의 F_L 을 가진 원형 볼 트랜스듀서일 수 있다. 선형 TCP

시퀀스는 약 1.0 mm 이격될 수 있다. 두 개의 선형 TCP 시퀀스가 연속적으로 또는 실질적으로 연속적으로 서로 약 1.0 mm 이격되어 생성되도록 하기 위해 초음파 빔을 분할하는 것이 바람직할 수 있다. 그러나, 일 실시예에서, 분할되지 않은 빔의 세기와 비교하면, 분할된 빔 각각은 대략 2.4 배 낮은 세기를 가질 수 있다. 초점 전에 위치한 조직의 과도한 가열에 대한 잠재성으로 인해서, 트랜스듀서에 전달되는 파워는 세기 감소를 보상하기 위해 약 2.4 배 증가되지 않을 수 있다. 일 실시예에서, 직각 위상 페이징(quadrature phasing)이 사용되어 선형 TCP 시퀀스를 한 번에 하나씩 생성할 수 있다. 직각 위상 페이징은 물질 폴링을 이산 시스템 페이징과 결합하여 완성할 수 있다. 일 실시예에서, 직각 위상 페이징이 포커스된 볼 트랜스듀서에 적용되면, 직각 위상 페이징의 사용이 파워를 대략 1.2배 증가시킬 수 있다. 일 실시예에서, 그러한 파워의 약간의 증가는 바람직할 수 있다.

[0219] 도 17a 및 17b는 일 실시예에 따른 폴링과 이산 시스템 페이징을 결합하여 트랜스듀서의 직각 위상 제어를 도시하고 있다. 도 17a는, 일 실시예에서, 포커스된 원형 볼 트랜스듀서(1400)를 가로질러 트랜스듀서에 의해 생성된 초음파 빔 내에서 약 1.0 mm를 얻을 수 있도록 구성된 피치로 정의된 개별 스트립(예를 들어, 1402, 1404 등)을 도시하고 있다. 트랜스듀서의 초점은 트랜스듀서 면에 평행한 평면 내의 단일 빔(1408)이다. 트랜스듀서(1400)는 이산 페이징으로 구성되지 않는다. 일 실시예에서, 도 17b에 도시된 바와 같이, 트랜스듀서(1410)의 스트립은 페이징 방향을 교번하여 분극된다. 예를 들어, 스트립(1412)은 0° 위상을 가지며, 스트립(1414)은 1800° 위상을 가진다. 세기 그래프에서 보듯이, 두 개의 세기 피크(1418, 1418')가 초점 깊이에서 실질적으로 라인을 따라 나타난다.

[0220] 일 실시예에서, 두 개의 세기 피크(1430, 1432)를 생성하는 것은 시스템(예를 들어, 파워 서플라이) 및/또는 트랜스듀서 물질의 제한 때문에 바람직할 수 있다. 예를 들어, 더 많은 파워가 두 개의 TCP를 동시에 또는 거의 동시에 생성하기 위해서 트랜스듀서에 공급되어야 할 필요가 있을 수 있다. 도 17c는 일 실시예에 따른 추가 위상 쉬프트(90°)를 사용한 트랜스듀서(1420)의 조리개의 변조를 도시하고 있다. 도시된 바와 같이, 스트립(1422)은 0° 위상을 가지며, 90° 위상을 가지는 영역 또는 서브 스트립(1426)과 0° 위상을 가지는 서브 스트립(1428)으로 더 분할된다. 또한, 스트립(1424)은 180° 위상을 가지며(예를 들어, 스트립(1422)에 대해 교번하는 위상), 270° 위상을 가지는 영역 또는 서브 스트립(1430)과 180° 위상을 가지는 서브 스트립(1432)으로 더 분할된다. 일 실시예에서, 이들 두 개의 추가 위상(예를 들어, 1426, 1428)은 전도체 본딩 및, 선택적으로, 두 위상으로 분리하도록 구성된 스위치 또는 연성 회로를 통해 트랜스듀서(1420)에 전기적으로 연결될 수 있다. 도 17a 및 17b에 도시된 실시예와 유사하게, 트랜스듀서(1420)는 0° 와 180° 사이 위상이 인접하는 스트립 사이에서 교번하도록 분극된다. 일 실시예에서, 트랜스듀서(1420)의 1/2는 0° 위상 여기 신호로 여기되며, 나머지 1/2는 180° 위상 여기 신호로 여기된다. 일 실시예에서, 위상 변화의 피치는 2만쯤 추가 페이징으로(예를 들어, 서브 스트립(1426, 1428)) 감소된다. 일 실시예에서, 이산 페이징이 폴링과 결합되면(예를 들어, 위상이 0° 와 180° 사이 위상을 인접하는 스트립(1422, 1424) 사이에서 교번), 4개의 구분된 위상, 즉, 0° , 90° , 180° , 및 270° 이 제공될 수 있다. 도 17c에 도시된 바와 같이, 트랜스듀서(1420)를 가로질러 왼쪽부터 오른쪽으로 반복되는 위상 패턴은 90° , 0° , 270° , 및 180° 일 수 있다. 세기 그래프에 도시된 바와 같이, 일 실시예에서, 빔 축으로부터 약 -1 mm 떨어진 초점 깊이에 있는 피크(1438)가 생성될 수 있다. 일 실시예에서, 도 17d에 도시된 바와 같이, 위상 패턴이 0° (서브 스트립(1446)), 90° (서브 스트립(1448)), 180° (서브 스트립(1450)), 및 270° (서브 스트립(1452))의 반전된 순서를 가지면, 피크(1458)는 빔 축으로부터 약 +1 mm 이동한다. 도 17d에 도시된 바와 같이, 스트립(1442)은 0° 위상을 가지며, 스트립(1444)은 180° 위상을 가진다(즉, 스트립(1442)에 대해 교번된 위상).

[0221] 도 18은 일 실시예에 따른 2-위상 스위처블 시스템(1500)의 개요도이다. 도시된 바와 같이, 시스템(1500)은 이산 위상 쉬프터(0° 위상 쉬프터)(1504) 및 이산 위상 쉬프터(90° 위상 쉬프터)(1506)를 구동하는 AC 전압(또는 전류)원(1502), 스위치(1508, 1510), 및 트랜스듀서 부분(1512, 1514)을 포함한다. 일 실시예에서, 이산 위상 쉬프터(1504, 1506)는 AC 전압원(1502)으로부터 공급된 AC 전압(또는 전류) 신호를 위상 쉬프트하도록 구성되어, 결과 신호는 90° 위상이 다르다. 일 실시예에서, 이산 위상 쉬프터(1504, 1506)는 트랜스듀서의 상이한 부분(예를 들어, 스트립)을 여기하도록 구성될 수 있다. 이산 위상 쉬프터(1504, 1506)의 출력단은 트랜스듀서의 상이한 부분(1512, 1514)에 연결된 스위치(1508, 1510)에 연결될 수 있다. 일 실시예에서, 스위치(1508, 1510)는 AC 전압원(1502)으로부터 제공된 전압(또는 전류) 신호가 0° 와 90° 사이에서 토글하게 하여, 도 17c 및 17d에 도시된 바와 같이, 트랜스듀서에서 위상 패턴의 순서가 반전되고 초점이 빔 축의 한쪽에서 빔 축의 다른 쪽으로 이동하게 한다. 일 실시예에서, 위상 쉬프터(1504, 1506)는 위상을 30° , 45° , 120° , 145° , 180° 등과 같이 임의의 적합한 값으로 쉬프트할 수 있다.

[0222] 워킹(walking)을 가진 진폭 변조를 사용한 치료 전달

- [0223] 일 실시예에서, 예를 들어, TCP의 다중 선형 시퀀스가 동시에, 실질적으로 동시에, 또는 연속적으로 생성되도록, 초음파 빔을 축방향으로 및/또는 측면에서 변조 또는 분할하면, 변조되지 않은 빔과 실질적으로 동일한 세기를 초점에서 얻기 위해서, 추가 파워를 제공할 필요가 있을 수 있다. 일 실시예에서, 그러한 파워의 증가는 초점에 대해 근위(초점 전) 조직 및/또는 원위(초점 뒤)에 있는 조직을 과도하게 가열할 가능성을 유발할 수 있다. 예를 들어, 임의의 트랜스듀서 구성에 대해, 약 (0, 0, 15 mm)의 초점 포지션으로부터 약 (-0.55 mm, 0, 15 mm) 및 약 (0.55 mm, 0, 15 mm)의 초점 포지션으로 초음파 빔을 분할하면, 변조되지 않은 초점 포지션에서의 세기와 실질적으로 동일한 세기를 두 개의 초점 포지션에서 생성하기 위해서, 약 2.2배 파워 공급을 증가할 필요가 있을 수 있다. 일 실시예에서, 그러한 파워 증가는 바람직하지 않을 수 있다. 다양한 실시예에서, 진폭 변조는, 초점 전 및 초점 뒤 부위를 과도하게 가열할 가능성을 감소하기 위해서, 워킹(walking) 조리개 기술과 결합될 수 있다. 예를 들어, 초점 전 및 초점 뒤 부위에서 측정된 최대 세기가 감소할 수 있다.
- [0224] 도 19a 내지 19c는 일 실시예에 따른 초점 전 약 2 mm에서 x-y 평면의 세기 분포(1600) 그래프이다. 트랜스듀서는 변조되지 않았다. 그래프(1600)는 어쿠스틱 세기 분포가 빔 축 주위로 축 대칭임을 도시하고 있다. 일 실시예에서, 대칭은 트랜스듀서(포커스된 원형 볼 트랜스듀서)의 원형 조리개에서 기인한다. 세기가 가장 높은 영역(1601, 1602, 1604)이 빔 축을 따라 약 0 mm의 반지름(영역(1601)), 약 0.75 mm의 반지름(영역(1602)), 및 약 1.0 mm의 반지름(영역(1604))에서 발생한다. 일 실시예에서, 최대 세기는, 조리개에서의 세기가 약 1 W/cm^2 이라면, 평면에서 약 101 W/cm^2 이다
- [0225] 도 20a 내지 20c는 일 실시예에 따른 초점에서 x-y 평면의 세기 분포(1620) 그래프이다. 일 실시예에서, 초점 깊이는 약 15 mm일 수 있다. 도 20a 내지 20c는 어쿠스틱 세기가 초점 평면에 상당히 집중(1622)되었음을 나타낸다. 일 실시예에서, 어쿠스틱 분포의 지름은 도 20a 내지 20c의 3 mm의 OD로부터 초점 깊이에서 약 0.3 mm 이하의 지름으로 감소하였다. 최대 세기는 약 7.73 kW/cm^2 로 증가하였으며, 이는 초점 2mm 전 최대 세기 보다 대략 77.3배 크다.
- [0226] 도 21은 일 실시예에 따른 진폭 변조 조리개 패턴(1630)의 개요도이다. 진폭 변조 패턴(1630)은 조리개에 걸쳐 배치될 수 있다. 트랜스듀서 스트립 또는 부분(1632)의 그룹은 +1 의 진폭을 나타낼 수 있다(예를 들어, 트랜스듀서 물질의 확장으로 인해서). 트랜스듀서 스트립 또는 부분(1634)의 그룹은 -1 의 진폭을 나타낼 수 있다(예를 들어, 트랜스듀서 물질의 수축으로 인해서). 보여지듯이, 그룹(1632, 1634)은 조리개에 걸쳐 교번할 수 있다. 피치 거리(1640)는 조리개에 걸쳐 +1 및 -1 트랜스듀서 물질 사이 천이의 공간 주기에 대응할 수 있다. 일 실시예에서, 초점 깊이 및 동작 주파수를 따르는 피치 거리(1640)는 초점 평면에서 분할된 빔의 거리를 결정할 수 있다. 일 실시예에서, 임의의 개수의 트랜스듀서 부분이 그룹(1632, 1634)에 속할 수 있다. 일 실시예에서, 그룹(1632, 1634)에 속한 부분의 수는 동일할 수 있다. 일 실시예에서, 그룹(1632, 1634)에 속한 부분의 수는 상이할 수 있다. 일 실시예에서, 진폭 변조는, 셋(0 및 ± 1) 또는 그 이상의 레벨과 같은, 둘 이상의 레벨을 포함할 수 있다.
- [0227] 도 22a 내지 22c는 일 실시예에 따른 초점 전 약 2 mm에서 도 21의 진폭 변조된 조리개 패턴으로부터의 x-y 평면 세기 분포(1650) 그래프이다. 일 실시예에서, 피치 거리는 약 7 MHz 여기 신호 주파수에 대해 약 6 mm이다. 일 실시예에서, 진폭 변조 패턴(1630)은 y 축을 따라 배치되어, 초점(1652, 1654)에 의해 예시된 바와 같이, 약 1.1 mm로 빔을 분할한다. 일 실시예에서, 에너지 분포가 x 방향으로 대략 3mm의 OD를 갖지만, y 방향으로 약 4mm까지 증가된다. 도 19a 내지 19c와 비교하면, 세기 분포(1650)의 최대 세기는, 1 W/cm^2 의 세기가 변조되지 않은 초점에 배치된다면, 약 20%로 112 W/cm^2 까지 증가한다. 일 실시예에서, 분할 조리개로부터의 파워의 양은 두 초점에서 실질적으로 비슷한 세기를 얻기 위해서 약 2.2배 증가될 필요가 있을 수 있다. 초점 약 2mm 전 깊이에서, 최대 세기는 파워 증가로 인해 약 246 W/cm^2 일 수 있다. 그러나, 일 실시예에서 조직 내 온도 증가는 세기 증가에 비례하므로, 초점 전 영역 내 온도 증가는 분할 빔 디자인에 대해 두 배 이상이 될 수 있다.
- [0228] 도 23a 내지 23c는 일 실시예에 따른 초점 깊이에서 도 21의 진폭 변조된 조리개 패턴으로부터의 x-y 평면 세기 분포(1670) 그래프이다. 일 실시예에서, 초점 깊이는 약 15 mm일 수 있다. 일 실시예에서, 각 초점(1672, 1674)의 세기는, 1 W/cm^2 의 세기가 변조되지 않은 초점에 배치된다면, 약 3.45 kW/cm^2 일 수 있다. 도시된 바와 같이, 두 개의 대칭 빔이 (0.55 mm, 0, 15 mm) 초점 포지션(1672) 및 (-0.55 mm, 0, 15 mm) 초점 포지션(1674)에 발생한다. 일 실시예에서, 초점 포지션(1672, 1674)에서의 세기 분포는 도 20에 도시된 세기 분포와 실질적으로

비슷하다.

[0229] 도 24는 일 실시예에 따른 워킹 또는 상태 변경하는 진폭 변조 조리개 패턴(1680)의 개요도이다. 일 실시예에서, 패턴(1680)은, 상태 변경된다는 점을 제외하면, 도 21에 도시된 진폭 변조 함수(1630)와 동일하다. 일 실시예에서, 진폭 변조 패턴(1680)은 다음과 같이 조리개에 걸쳐 배치될 수 있다. 피치 거리(1688)는 복수의 트랜스듀서 스트립 또는 부분을 포함할 수 있다. 8개의 부분들이 도 24에 도시되어 있으나, 부분의 개수는 8개 이하 또는 8개 이상과 같은 임의의 적합한 개수일 수 있다. 트랜스듀서 부분들은 개별적으로 다를 수 있으며, -1 및/또는 +1의 진폭 상태를 나타내도록 구성될 수 있다. 전압 또는 전류가 트랜스듀서에 공급되면, 조리개는 S1에서 S2로, 이후 S2에서 S3로, S3에서 S4 등으로, 상태를 변경(또는 워킹)할 수 있다. 도시된 바와 같이, 상태 S1에서, 피치 거리(1688)에 걸쳐 있는 복수의 부분들은 두 개의 +1 변조 그룹(1682) 및 -1 변조 그룹(1684)으로 나뉜다. 상태 S1에서 상태 S2로 전이가 발생하면, 피치 거리(1688)에 걸쳐 있는 복수의 부분들은 +1 변조 그룹(1692), 그룹(1690), 및 -1 변조 그룹(1694)으로 나뉜다. 도시된 바와 같이 부분(1681)은 상태 S1에서 +1에 대응하며, 상태 S2에서 -1에 대응한다. 상태 S2에서 상태 S3으로 전이가 발생하면, 피치 거리(1688)에 걸쳐 있는 복수의 부분들은 +1 변조 그룹(1702), 그룹(1700), 및 -1 변조 그룹(1704)으로 나뉜다. 상태 S3에서 상태 S4으로 전이가 발생하면, 피치 거리(1688)에 걸쳐 있는 복수의 부분들은 +1 변조 그룹(1712), 그룹(1710), 및 -1 변조 그룹(1711)으로 나뉜다. 따라서 변조 패턴은 시간 동안 조리개에 걸쳐 쉬프트(또는 워크(walk))한다. 일 실시예에서, 조리개가 조리개에 걸쳐서 동일한 진폭 변조 패턴을 가지고 워크한다면, 8 개의 고유한 상태가 있다. 일 실시예에서, 유효 세기는 각 조리개 상태로부터 어쿠스틱 세기 분포의 가중 시간 평균으로 결정될 수 있다. 일 실시예에서, 조리개는 초점 전 및/또는 초점 뒤 조직의 과도한 가열 가능성을 줄이기에 충분한 속도로 상태를 변경(또는 워크)한다. 일 실시예에서, 피치 거리(1688)는 임의의 적합한 개수의 트랜스듀서 부분을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 그룹 내 +1 및 -1 변조에 대응하는 부분의 개수는 동일할 수 있다. 일 실시예에서, 그룹 내 +1 및 -1 변조에 대응하는 부분의 개수는 상이할 수 있다. 일 실시예에서, 진폭 변조는, 셋(0 및 ± 1) 또는 그 이상의 레벨과 같은, 둘 이상의 레벨을 포함할 수 있다.

[0230] 도 25a 내지 25d는 일 실시예에 따른 초점 전 약 2 mm에서 도 24의 워킹 진폭 변조 조리개 패턴으로부터의 x-y 평면 세기 분포(1650) 그래프이다. 일 실시예에서, 최대 세기는 워킹하지 않는 진폭 변조 조리개 패턴(예를 들어, 도 22)으로부터의 최대 세기보다 약 37% 낮은 약 71 W/cm^2 이다. 일 실시예에서, 이 감소는 중요할 수 있다. 도 25a 내지 25d는 높은 세기를 겪는 영역의 수와 면적이 도 22에 비해 감소되었음을 도시하고 있다. 상당량의 에너지를 받는 영역은 대략 6개 로케이션(1731-1736)에 국한되었다. 세기 분포 그래프(1730)는, 도 22와 비교할 때, 에너지 분포의 정도가 x 차원에서 약 2mm의 OD 및 y 차원에서 약 3mm의 OD 로 감소되었음을 도시하고 있다. 일 실시예에서, 이 감소는 중요할 수 있다. 일 실시예에서, 세기 분포(1730)가 도 19의 분포(1600)의 공간 오프셋 합이 되는 것으로 나타나므로, 세기 분포(1730)는 두 개의 조리개로부터 방사된 어쿠스틱 파워로 나타난다. 일 실시예에서, 도 25에 도시된 바와 같이, 초점 전 및 후에 위치한 조직의 과도한 가열 가능성이 상당히 감소한다.

[0231] 도 26a 내지 26c는 일 실시예에 따른 초점 깊이에서 도 24의 워킹 진폭 변조 조리개 패턴으로부터의 x-y 평면 세기 분포(1750) 그래프이다. 일 실시예에서, 초점 깊이는 약 15mm일 수 있다. 일 실시예에서, 초점 전 세기 분포가 실질적으로 변경되지만(도 25를 도 22와 비교할 때), 초점에서의 세기 분포(1750)는 도 23에 도시된 워킹하지 않는 진폭 변조 조리개 패턴에 대한 초점 깊이에서의 세기 분포(1670)와 실질적으로 비슷하다. 일 실시예에서, 세기 분포(1750)의 피크 세기는 감소한다(예를 들어, 3.34 W/cm^2 를 3.45 W/cm^2 와 비교하면). 일 실시예에서, 초점 깊이에서 동일한 세기를 얻기 위해서, 공급된 파워는 2.3배 증가될 필요가 있을 수 있다. 초점 약 2 mm 전 최대 세기는 163 W/cm^2 일 수 있으며, 진폭 변조 패턴이 조리개에 걸쳐 워크하지 않는다면 이는 246 W/cm^2 (도 22)의 예상을 넘는 실질적 감소이다. 일 실시예에서, 도 22의 세기 분포(1650)와 비교할 때 초점(1752, 1754)에서의 어쿠스틱 세기 최대값이 실질적 집중된다.

[0232] 도 27a는 일 실시예에 따른 (2 레벨 ± 1) 워킹 진폭 변조 조리개(1800)의 개요도이다. 일 실시예에서, 워킹 진폭 변조 조리개(1800)는 도 24에 도시된 패턴(1680)에 대응한다. 도 27b는 일 실시예에 따른 2-상태 워킹 진폭 변조 조리개(1800)의 상태 천이표(1850)이다.

[0233] 도 28a는 일 실시예에 따른 워킹 진폭 변조 조리개(1900)의 개요도이다. 워킹 진폭 변조 조리개(1900)는 0 레벨(1952)을 포함한다. 일 실시예에서, 0 레벨(1952)은 접지 단자를 사용하거나 저항을 접지 단자에 연결하여 구현될 수 있다. 일 실시예에서, 0 레벨(1952)은 초점 존 내 고주파 공간 컴포넌트(예를 들어, 이 컴포넌트는 grating lobes에 대응할 수 있다)의 양을 감소시킬 수 있다. 일 실시예에서, 0 레벨(1952)은 초점 전 및 초점

뒤 존에서 공간 주파수 천이를 감소시킬 수 있다. 도 28b는 일 실시예에 따른 3-상태 위킹 진폭 변조 조리개(1900)의 상태 천이표(1950)이다.

[0234] 도 29a는 일 실시예에 따른 (4 레벨) 위킹 진폭 변조 조리개(2000)의 개요도이다. 위킹 진폭 변조 조리개(2000)는 두 개의 추가 레벨 +0.5(2002) 및 -0.5(2004)를 포함한다. 일 실시예에서, 그렇게 하면 0 레벨을 추가하는 것과 비슷한 효과가 있다. 일 실시예에서, 위킹 진폭 변조 조리개(2000)에 의해 제공된 조리개에 걸친 진폭 변조는 사인파를 더 좋게 근사화할 수 있어서, 고주파 공간 컴포넌트가 초점 평면에 나타나지 않는다. 도 29b는 일 실시예에 따른 4-상태 위킹 진폭 변조 조리개(2000)의 상태 천이표(1950)이다.

[0235] 일부 실시예에서, 피치 거리 내 트랜스듀서 스트립 및/또는 부분의 개수는 8개 이하 또는 이상일 수 있다. 선택된 포션의 개수는 초점 전 및/또는 후에 위치한 조직에 바람직한 가열 감소량에 달려있다. 일부 실시예에서, 진폭 변조 레벨의 개수는 6, 8, 10 등과 같이 4이상일 수 있다.

[0236] 여기에 개시된 시스템 및 방법의 실시예를 사용하는 장점이 있다. 일 실시예에서, 진폭 변조, 특히 위킹 진폭 변조, 및/또는 위상 쉬프팅 기술은 과도한 초점 전 및 초점 후 가열 가능성을 감소시킬 수 있다. 일 실시예에서, 진폭 변조, 특히 위킹 진폭 변조, 및/또는 위상 쉬프팅 기술은 초음파 빔을 둘 이상의 빔으로 분할할 수 있도록 한다. 일 실시예에서, 진폭 변조, 특히 위킹 진폭 변조, 및/또는 위상 쉬프팅 기술은 초음파 에너지를 둘 이상의 초점 위치에 배치함으로써 둘 이상의 초음파원을 근사화할 수 있다. 일 실시예에서, 진폭 변조, 특히 위킹 진폭 변조, 및/또는 위상 쉬프팅 기술은 초점으로부터 멀리 어쿠스틱 에너지를 재분배함으로써 초음파 치료 중에 환자가 경험하는 고통 또는 불편을 감소시킬 수 있다. 일 실시예에서, 진폭 변조, 특히 위킹 진폭 변조, 및/또는 위상 쉬프팅 기술은 다중 TCP의 생성으로 인해 치료 시간을 감소시킬 수 있다.

[0237] 이미징 시스템

[0238] 일 실시예에서, 수신 초음파 빔포머가 초음파 이미징 시스템의 일부로 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 초음파 이미징 시스템은 송신 및 수신 이벤트를 사용하여 초음파 이미지의 한 라인을 생성한다. 송신은 일반적으로 한 로케이션에 포커스하며 이미징 시스템의 수신 프로세싱은 동일한 로케이션에 포커스한다. 이 경우에, 이미징 시스템의 응답은 다음과 같이 설명된다.

$$[0239] \quad h(t) = T_x(t) * R_x(t) \quad (29)$$

[0240] 여기서, $h(t)$ 는 송신 및 수신 조리개 모두의 공간 응답이고, $T_x(t)$ 는 송신 조리개의 응답이며, $R_x(t)$ 는 수신 조리개의 응답이다.

[0241] 일 실시예에서, 초음파 이미징 시스템은 동적 수신 포커싱을 사용한다. 이 경우, 송신 초음파 빔은 하나의 공간 로케이션에 포커스되지만, 수신 시스템은 깊이에 있는 각 공간 로케이션이 포커스되도록 빔 축을 따라 초점을 동적으로 변경할 수 있다. 이 시스템은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$[0242] \quad h(t-\delta) = T_x(t) * R_x(t-\delta) \quad (30)$$

[0243] δ 는 수신된 신호간 시간 지연을 나타내며, 이는 신호가 더 깊은 깊이에서 올 때 포커싱이 수신 조리개에 대해 어떻게 변경될 수 있는지를 제안한다.

[0244] 일 실시예에서, 조리개 진폭 조정을 통해 송신 치료 빔을 다중 초점으로 분할하는 기술은 빔의 수신도 포함한다. 일 실시예에서, 시스템은 두 개(또는 그 이상)의 송신 초점을 포함할 수 있으며, 지연이 사용되어 수신된 빔을 상이한 축을 따라 조정하고 포커스할 수 있는 선형 어레이와 같은 수신 조리개를 사용하여 어느 한 공간 조리개에 포커스하는 것이 가능하다. 이 방법은 시스템이 한 번의 송신으로 두 개의 수신 빔을 얻을 수 있게 한다. 이는 수신 조리개로부터 두 빔 축을 시각적으로 관찰하는데 필요한 시간을 감소시킨다. 이 시스템은 아래와 같이 설명된다.

$$[0245] \quad h_1(t-\delta) = T_x(t) * R_{x1}(t-\delta) \quad (31a)$$

$$[0246] \quad h_2(t-\delta) = T_x(t) * R_{x2}(t-\delta) \quad (31b)$$

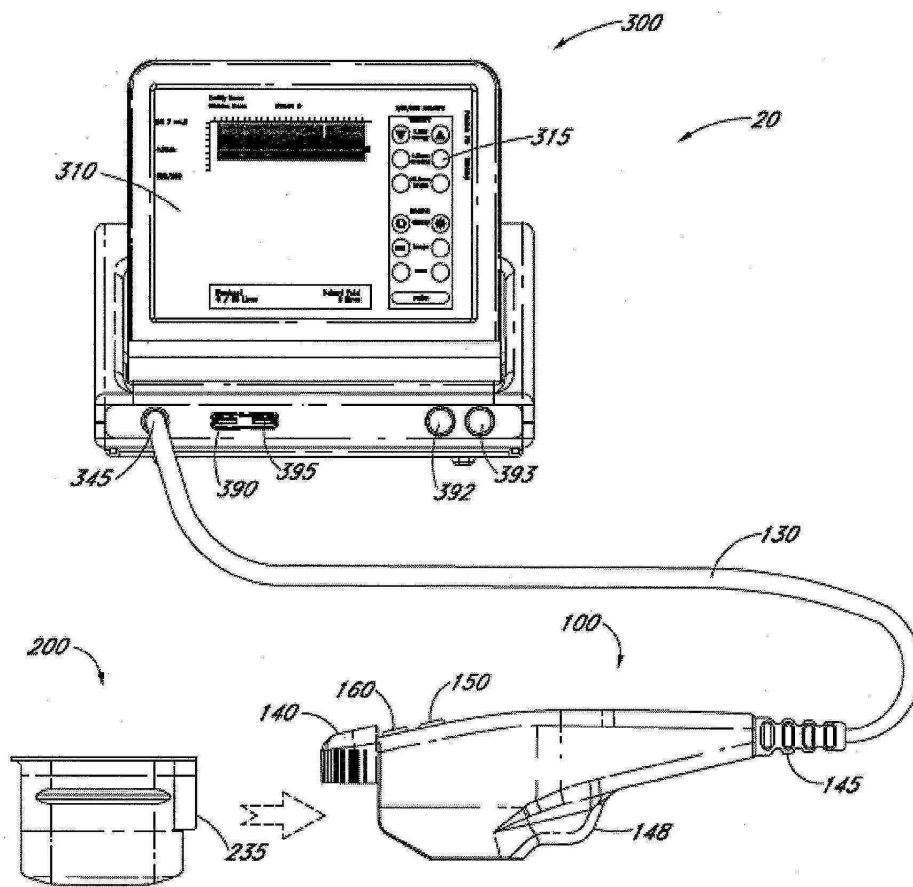
[0247] 예를 들어, 시스템이 두 개의 초점을 생성하고, 하나는 트랜스듀서의 치료축 중심으로부터 1.0 mm 떨어져 있고, 다른 하나는 트랜스듀서의 치료축 중심으로부터 1.0 mm 떨어져 있으며, 모두 15mm 깊이에 있다고 가정하자. 초음파 수신기는, 하나는 1.0mm 피크에 지속적으로 포커스되며 다른 하나는 -1.0mm 피크에 지속적으로 포커스된, 두 개의 수신 라인을 생성할 수 있다. 일 실시예에서, 수신기는, 하나는 1.0mm 피크에 지속적으로 포커스되며

다른 하나는 -1.0mm 피크에 지속적으로 포커스된, 두 개의 수신 라인을 동시에 생성할 수 있다.

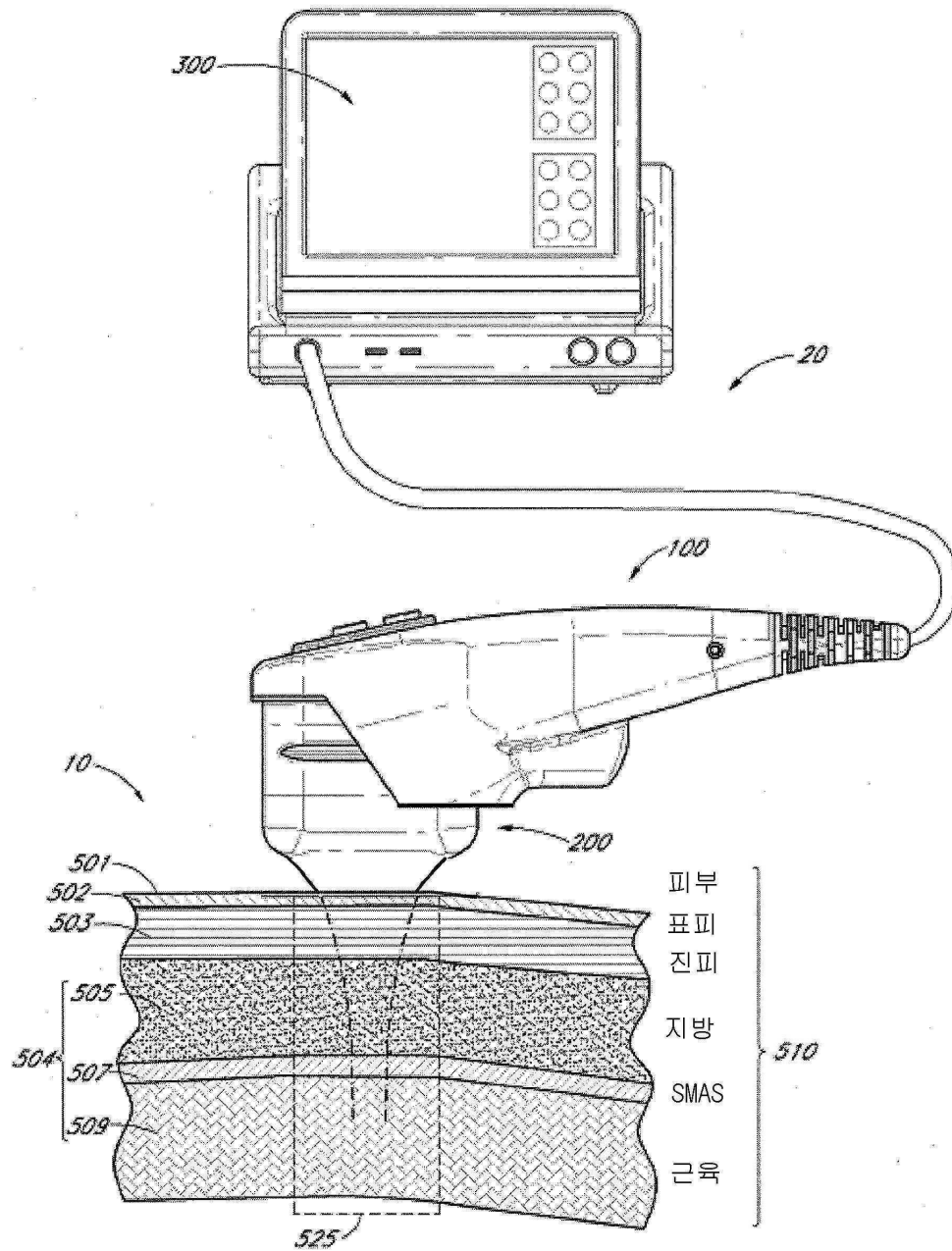
- [0248] 일 실시예에서, 방법(2100)은 다음 단계를 포함한다.
- [0249] 치료 조리개로 다중 초점을 송신하는 단계
- [0250] 수신 조리개 어레이의 각 부분으로부터 신호를 모으는 단계
- [0251] 다중 초점에 기초하여 다중 수신 벡터를 생성하는 단계, 및
- [0252] 수신 벡터를 활용하여 이미징 알고리즘을 가속하는 단계
- [0253] 일 실시예에서, 다중 초점은 동시에 또는 연속하여 전송될 수 있다. 일부 실시예에서, 수신 벡터는 동시에 또는 연속해서 활용될 수 있다.
- [0254] 여기에 설명된 실시예 및 예들은 예시이며 본 발명의 구조 및 방법의 전체 범위를 제한하기 위한 것이 아니다. 실시예, 물질, 구성 및 방법의 실질적으로 유사한 결과를 가진 균등한 변경, 수정 및 변형은 본 발명의 범위 내에서 이루어질 수 있다.
- [0255] 본 발명은 다양한 변형 및 대체 형태가 가능하지만, 그 특정 예들이 도면과 여기에 설명되어 있다. 그러나, 본 발명은 개시된 특정 형태나 방법에 제한되는 것이 아니며, 그 반대로, 본 발명은 설명된 다양한 실시예 및 첨부된 특허청구범위의 사상과 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 및 대안을 커버하는 것으로 이해되어야 한다. 여기에 개시된 어떠한 방법도 인용된 순서로 수행될 필요가 없다. 여기에 개시된 방법은 의료진에 의해 취해진 특정 행위를 설명하나, 이들 다른 사람에 의한 명시적 또는 암시적인 행위의 지시를 또한 포함할 수 있다. 예를 들어, "트랜스듀서 모듈을 초음파 프로브에 결합"하는 것과 같은 행위는 "트랜스듀서 모듈을 초음파 프로브에 결합을 지시하는 것을 포함한다. 여기에 개시된 범위 또한 모든 중첩, 서브 범위, 및 이들의 조합을 포함한다. "까지", "적어도", "이상", "이하", "사이" 등과 같은 용어는 인용된 숫자를 포함한다. 숫자 앞에 붙은 "약" 또는 "대략"과 같은 용어는 인용된 숫자를 포함한다. 예를 들어, "약 25mm"는 "25mm"를 포함한다.

도면

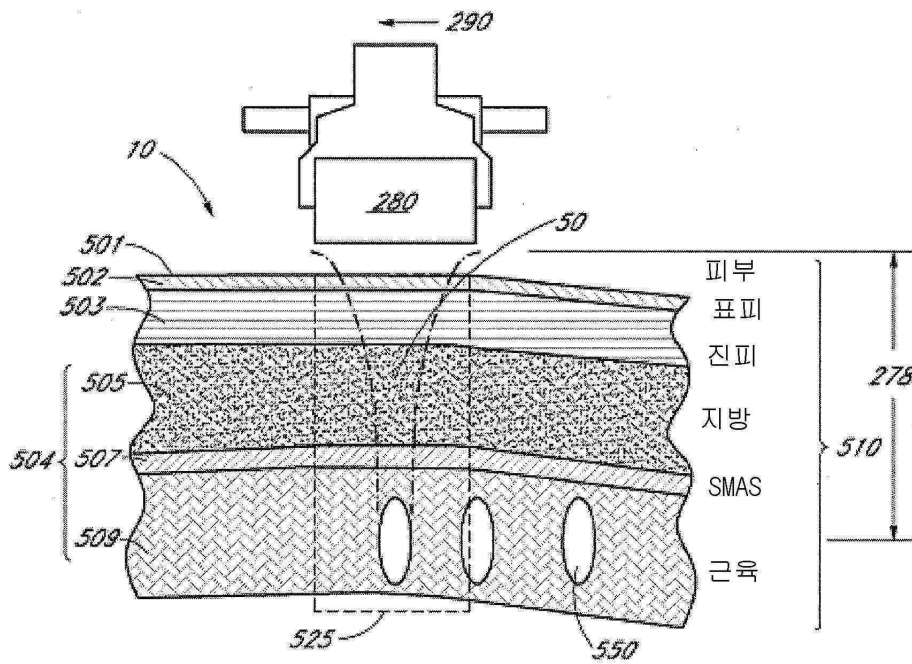
도면1



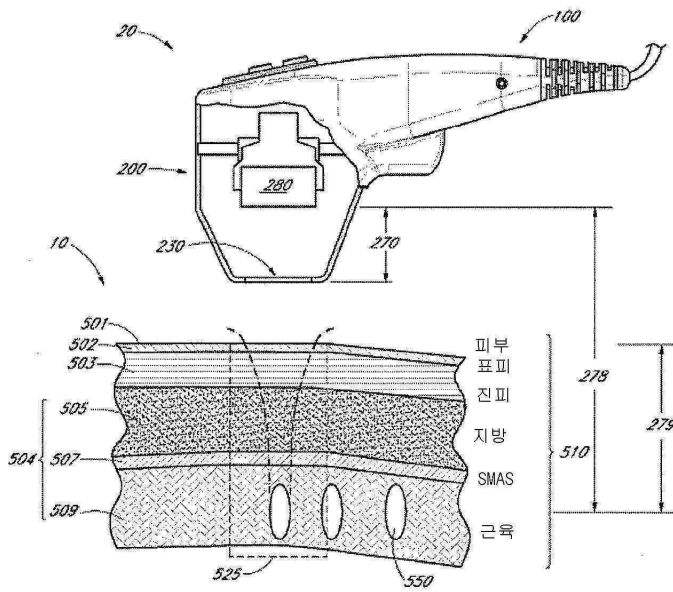
도면2



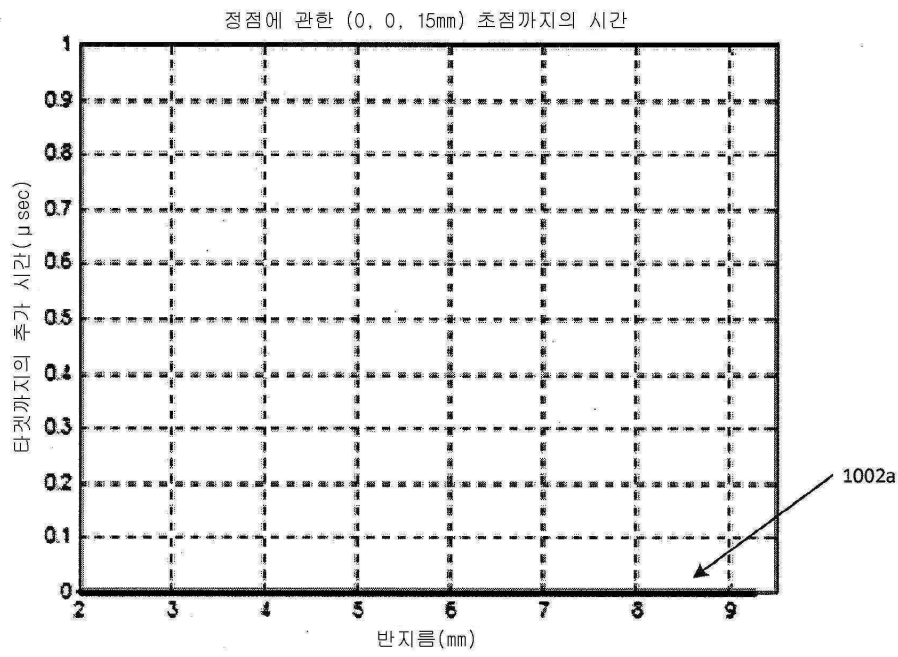
도면3



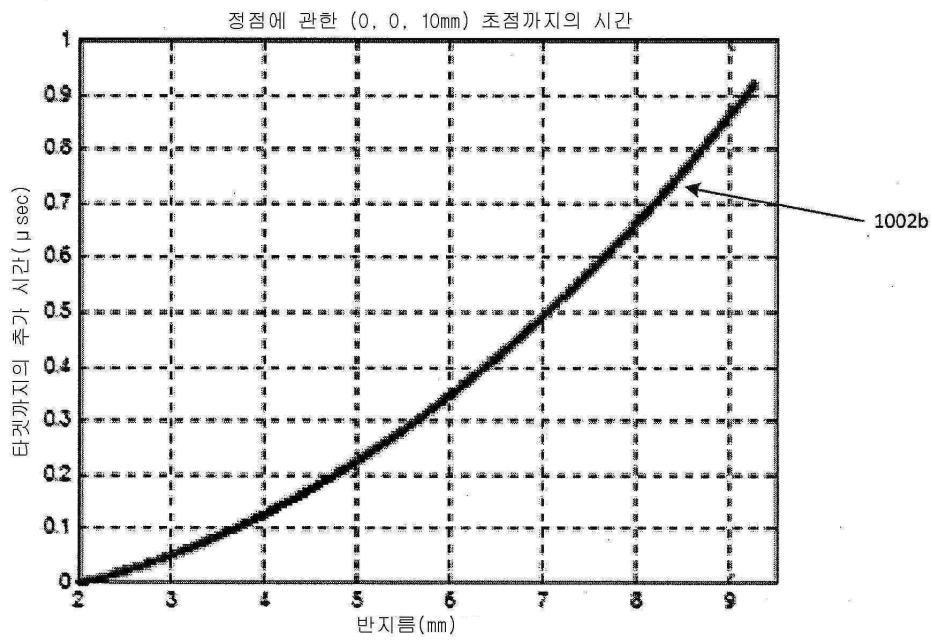
도면4



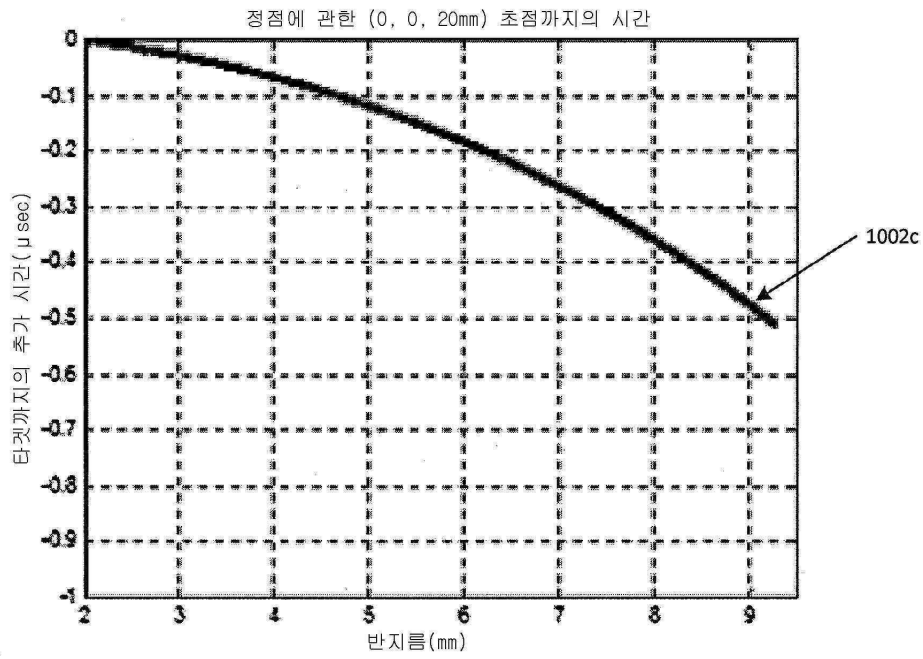
도면5a



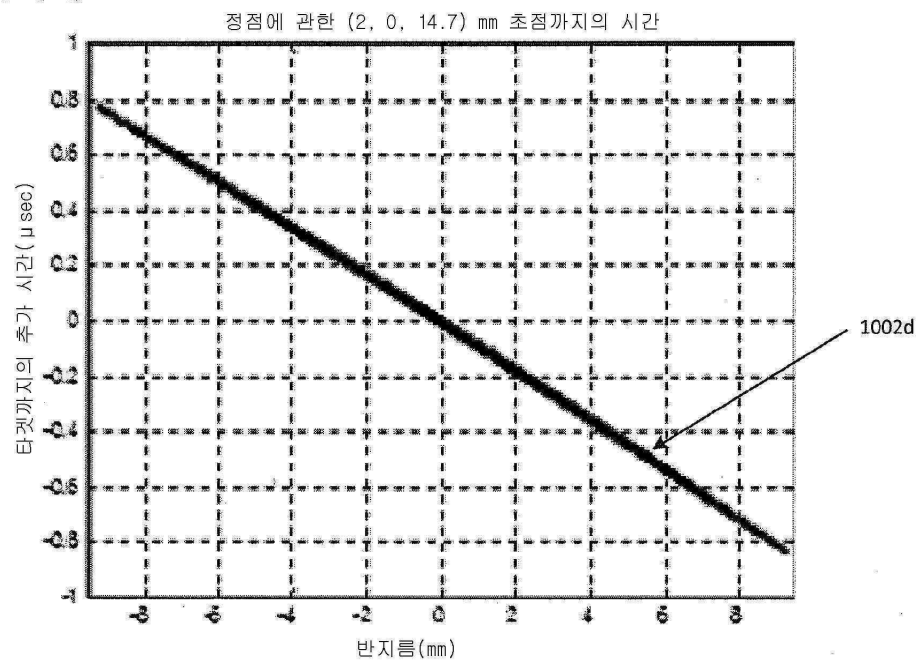
도면5b



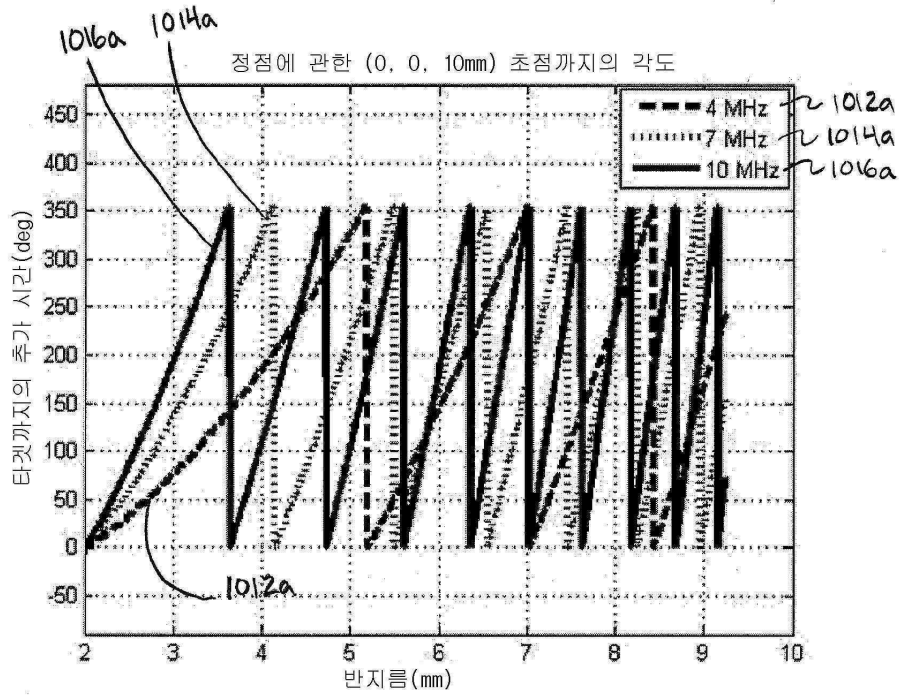
도면5c



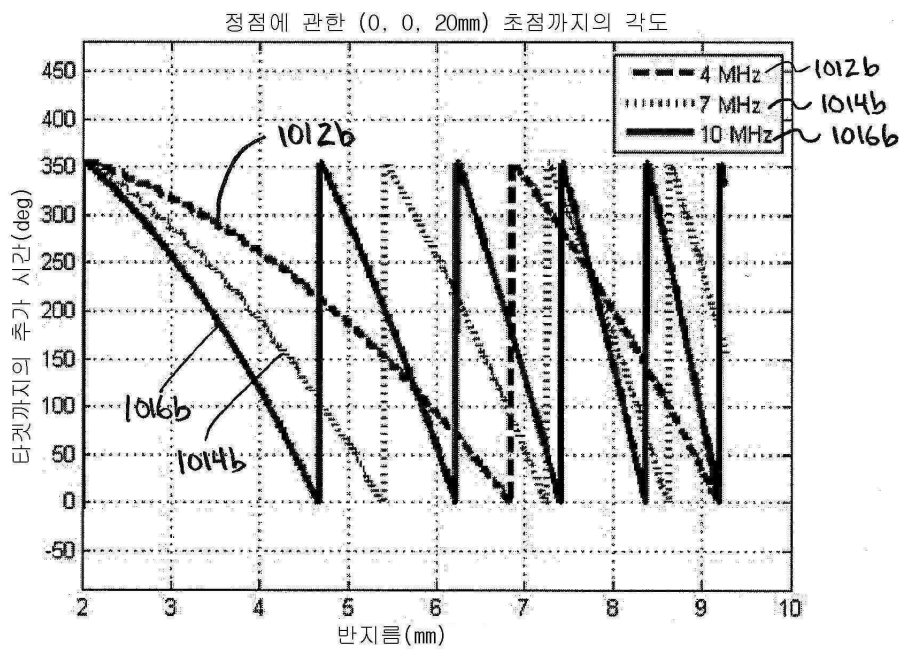
도면5d



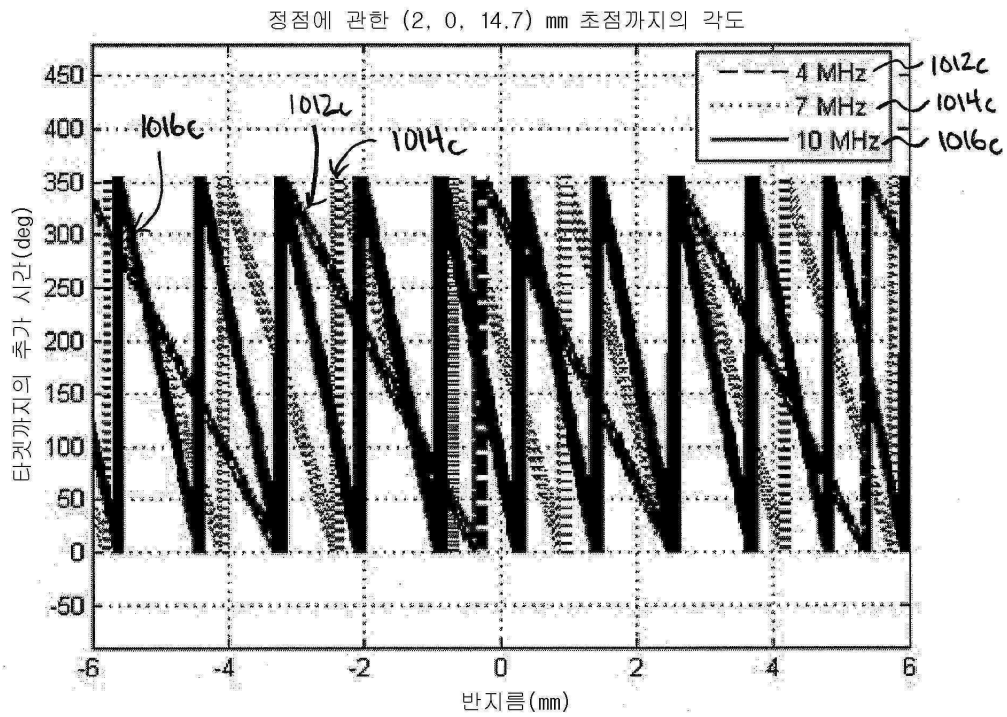
도면6a



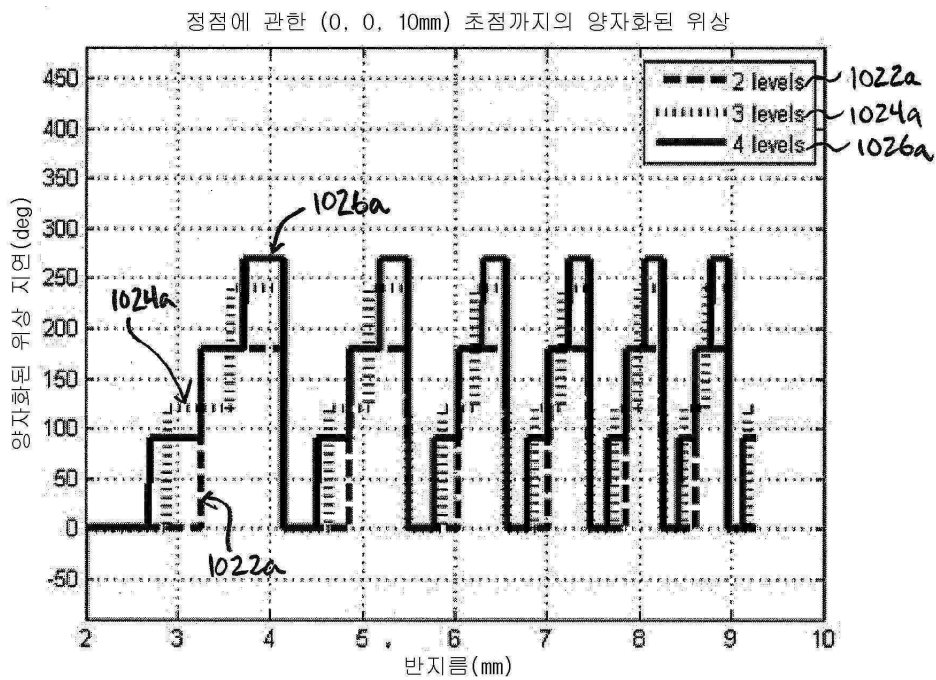
도면6b



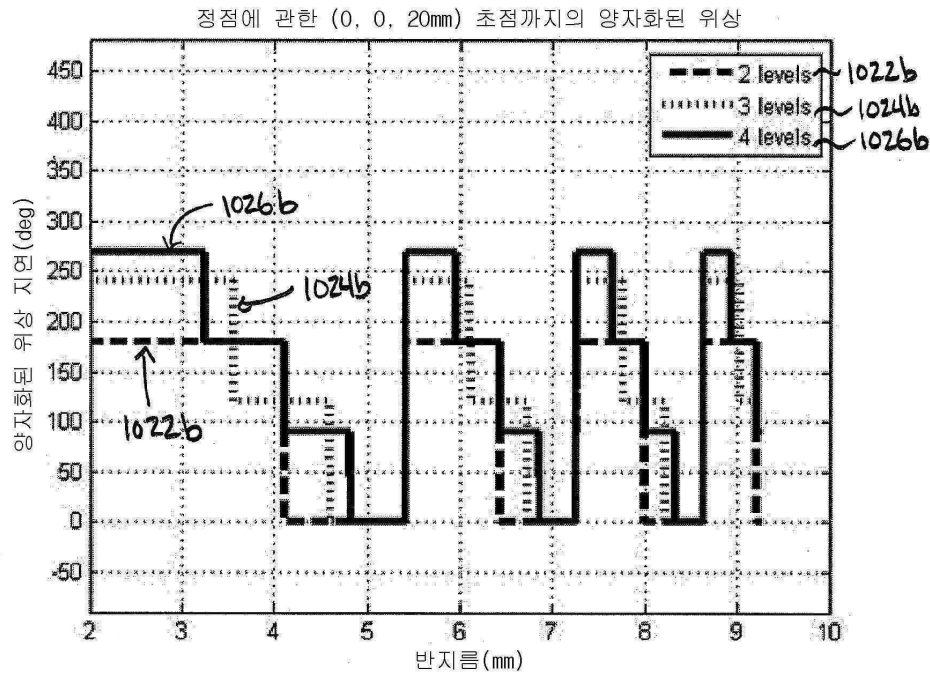
도면6c



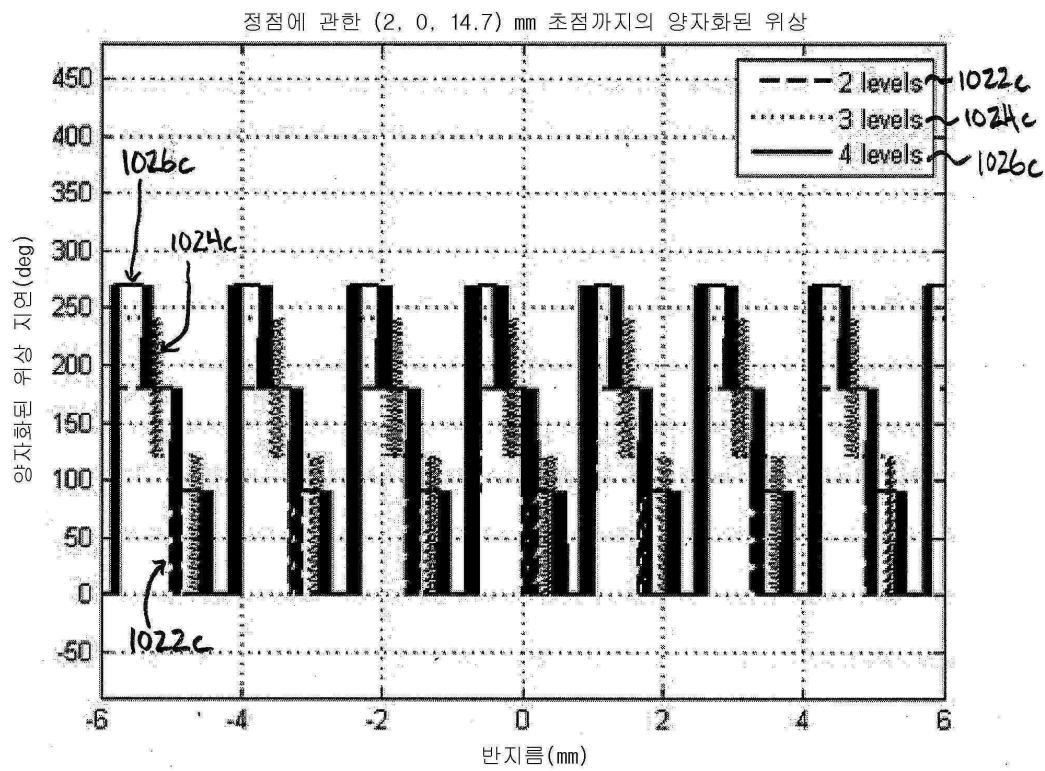
도면7a



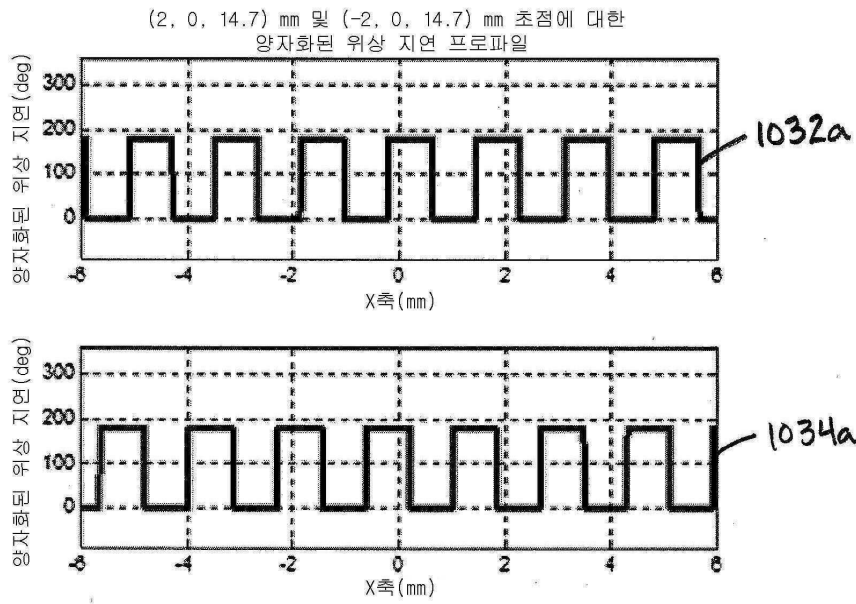
도면7b



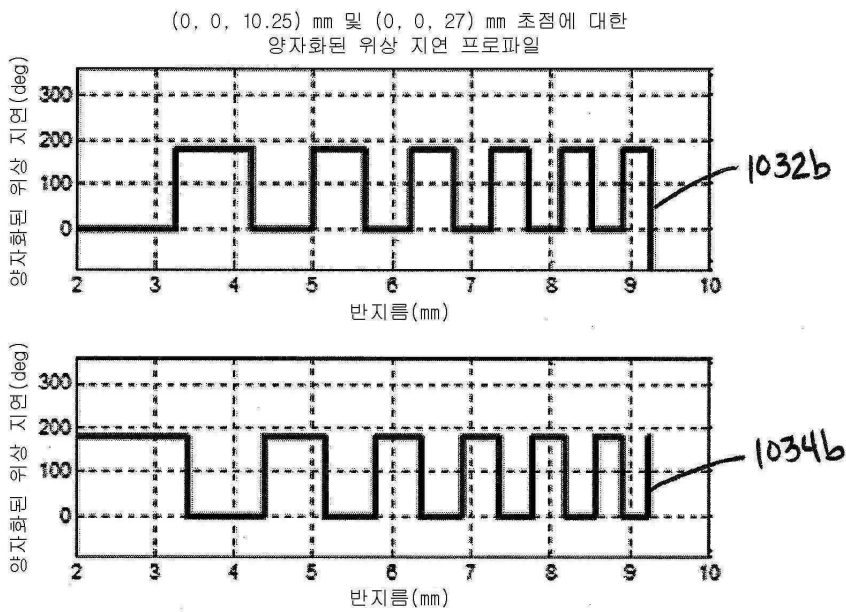
도면7c



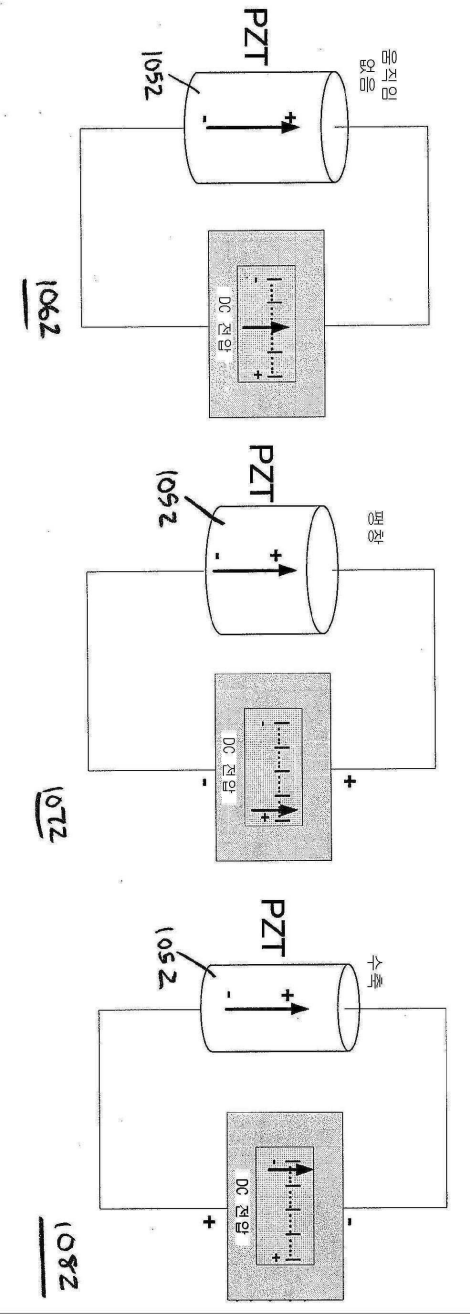
도면8a



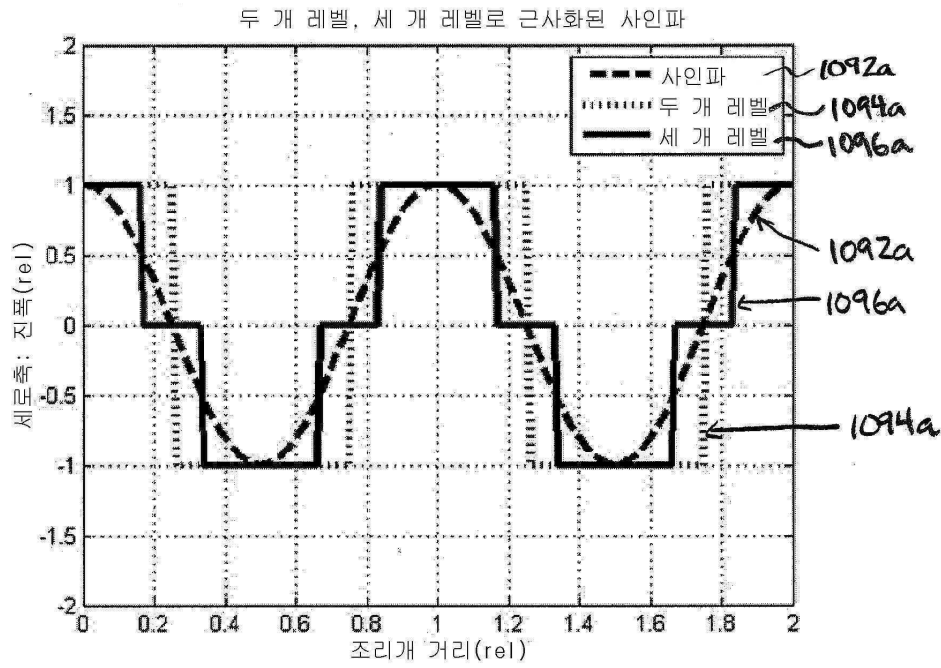
도면8b



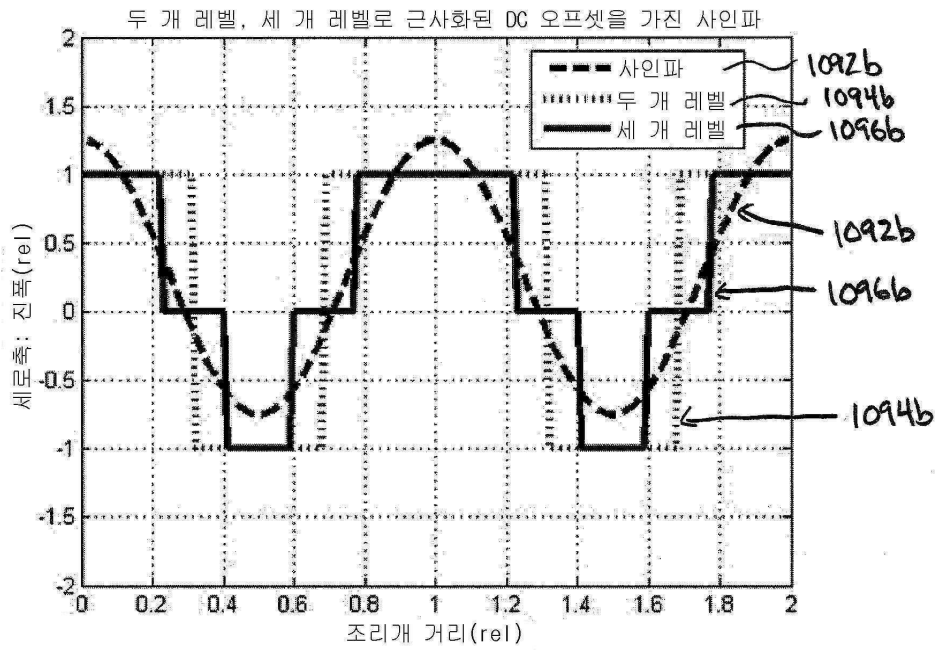
도면9



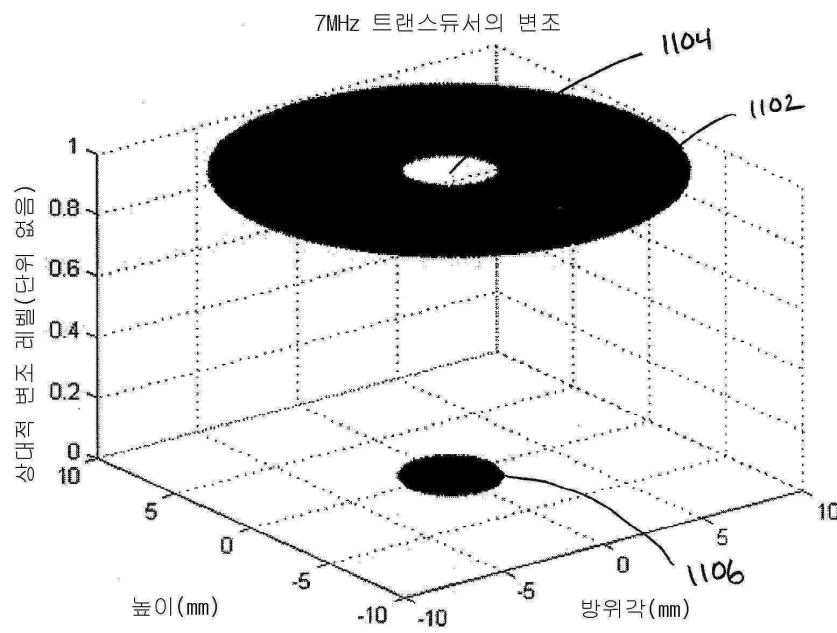
도면10a



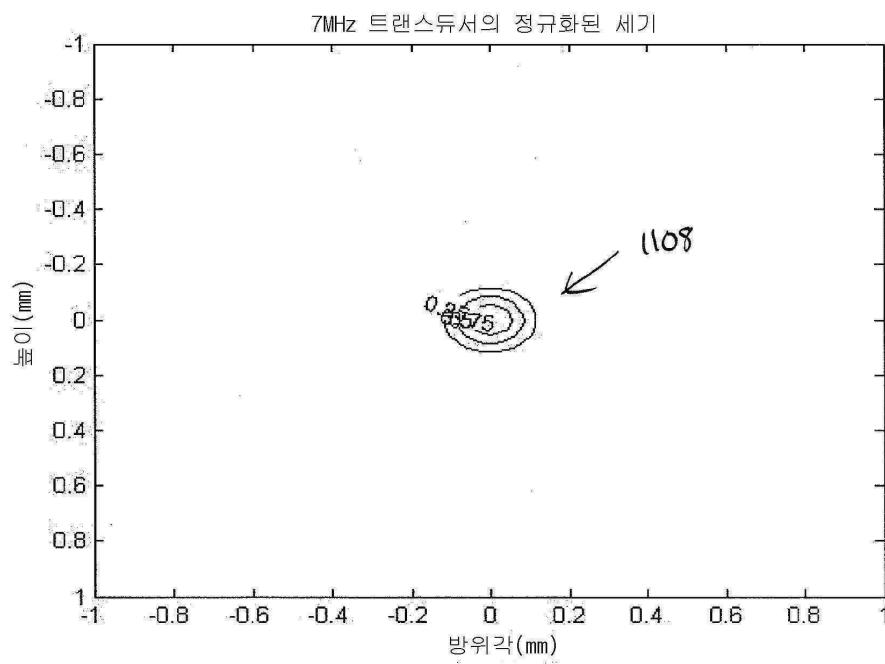
도면10b



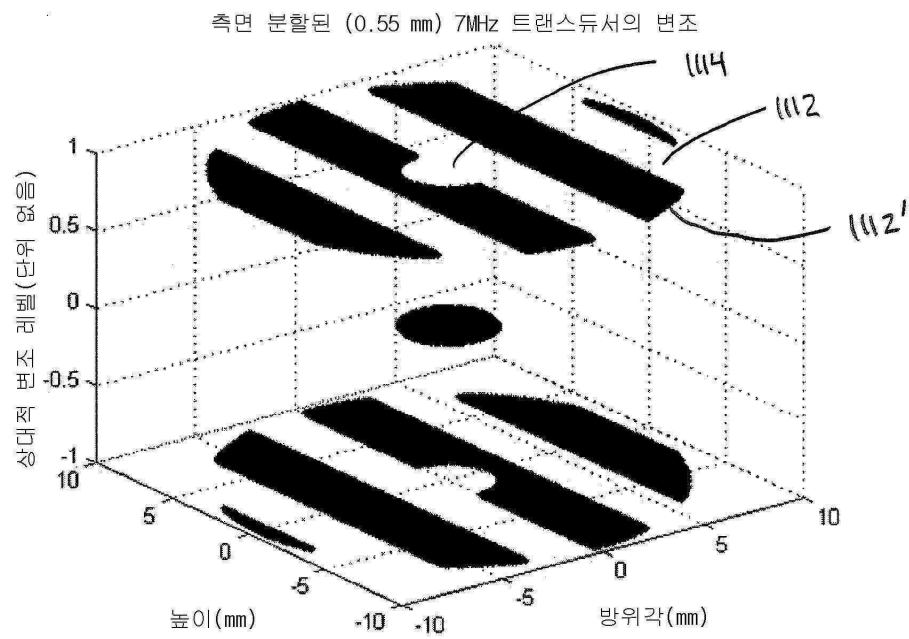
도면11a



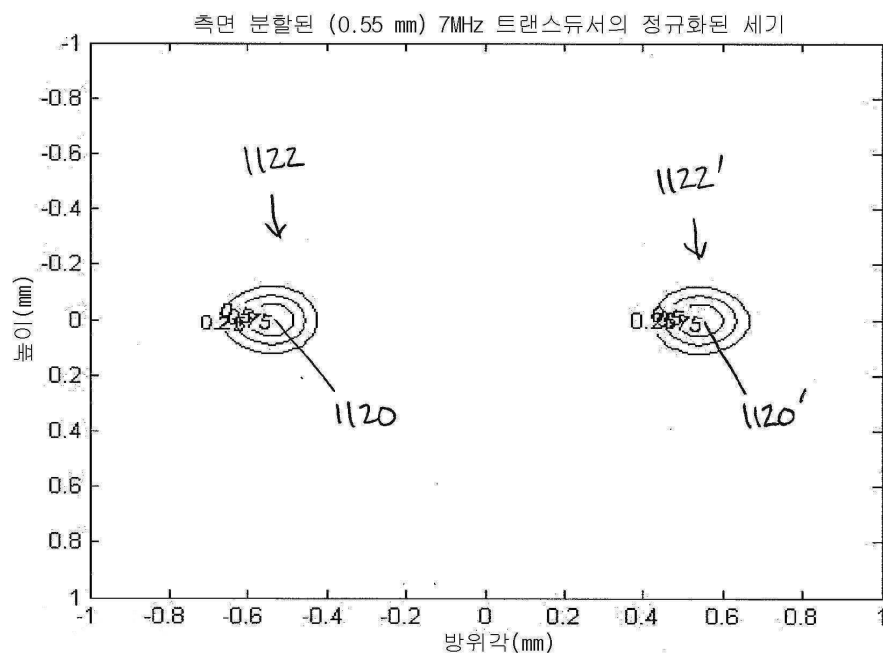
도면11b



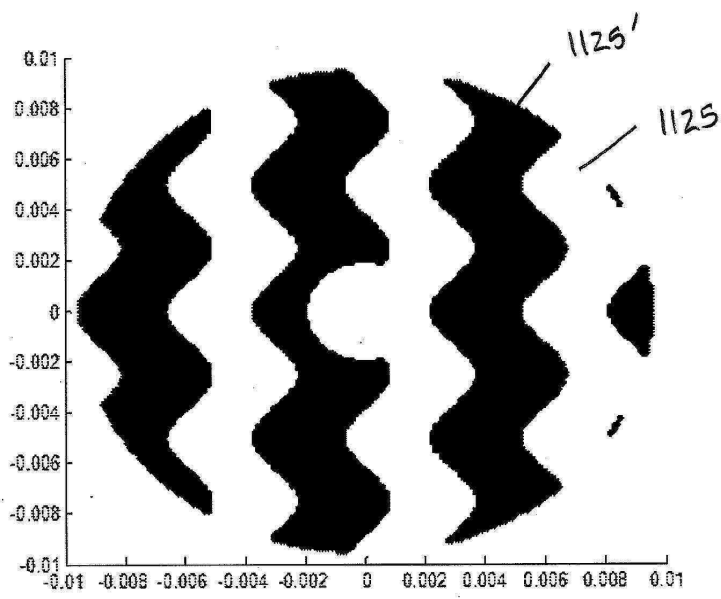
도면11c



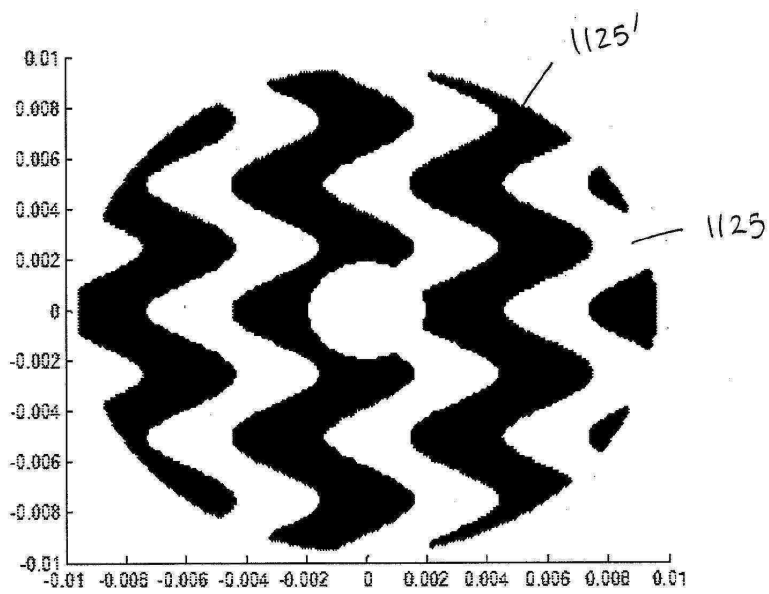
도면11d



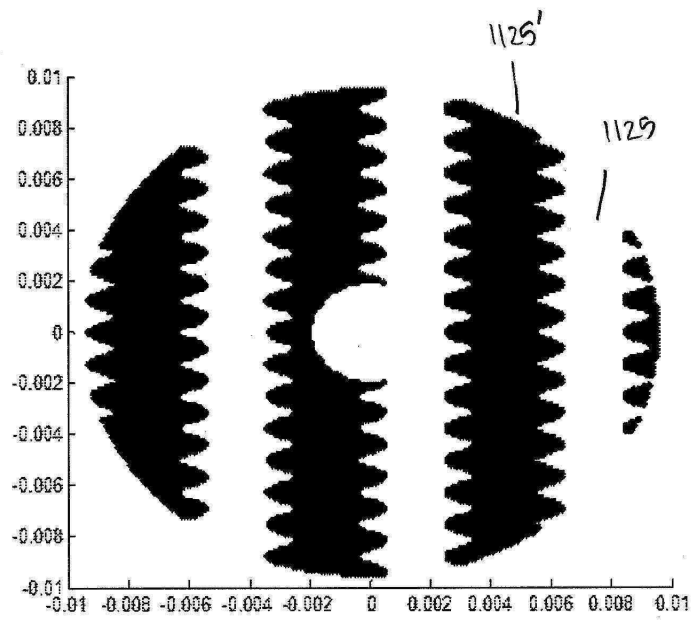
도면11e



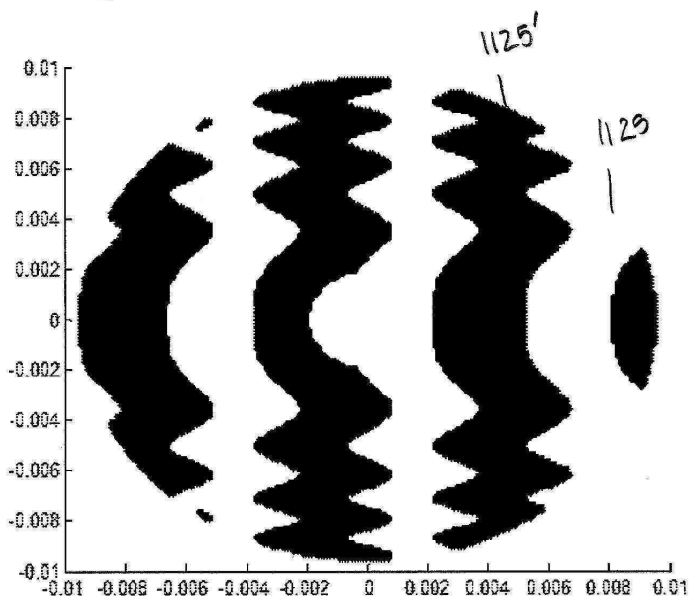
도면11f



도면11g

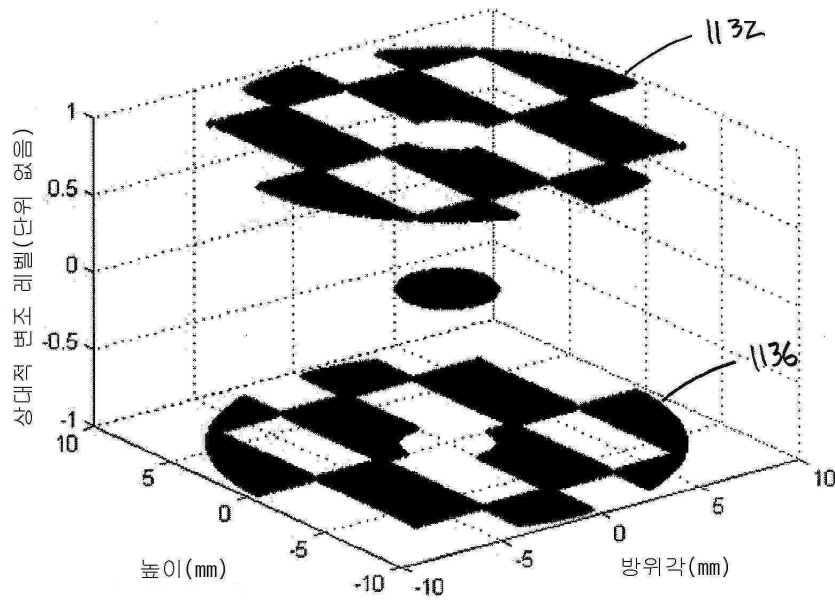


도면11h



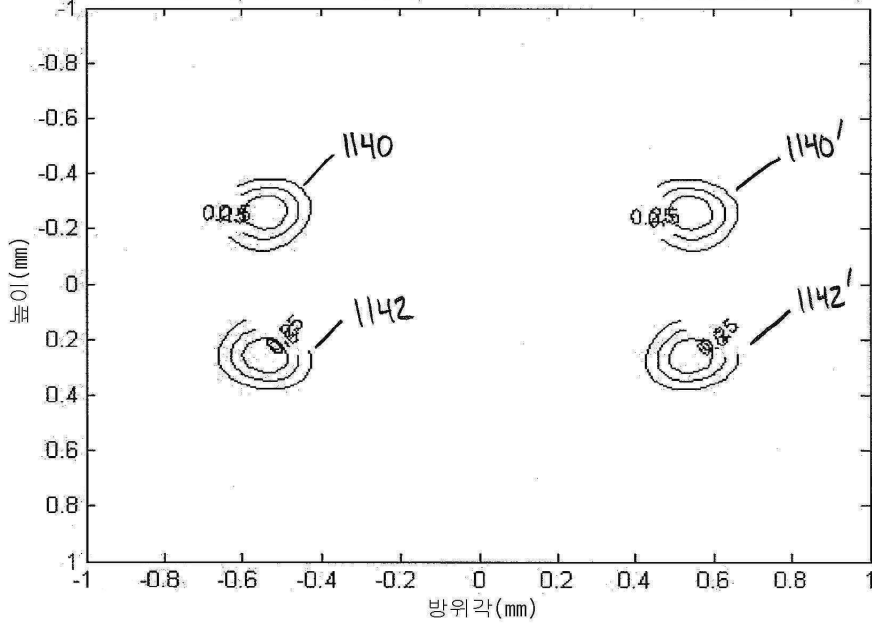
도면12a

측면 분할된 (x축 0.55 mm, y축 0.25 mm) 7MHz 트랜스듀서의 아포디제이션

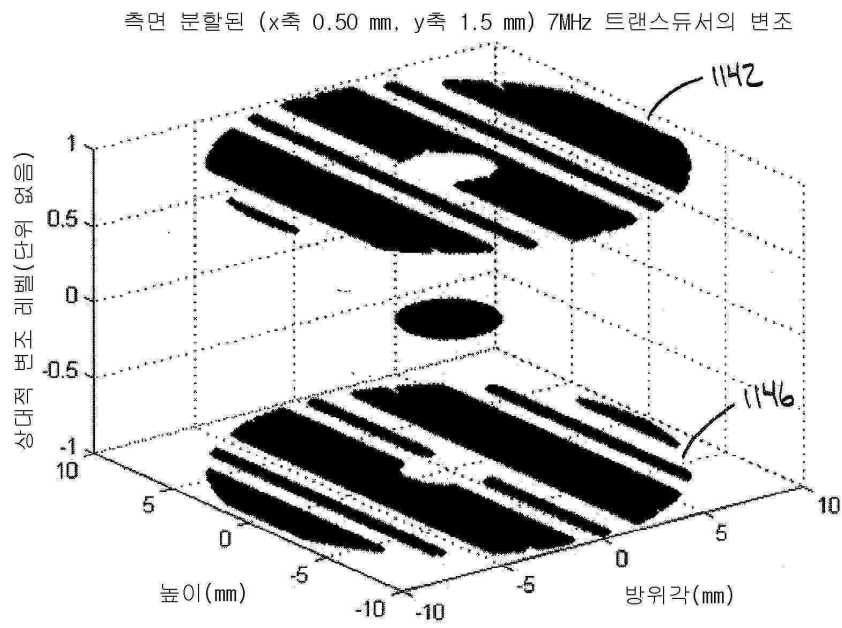


도면12b

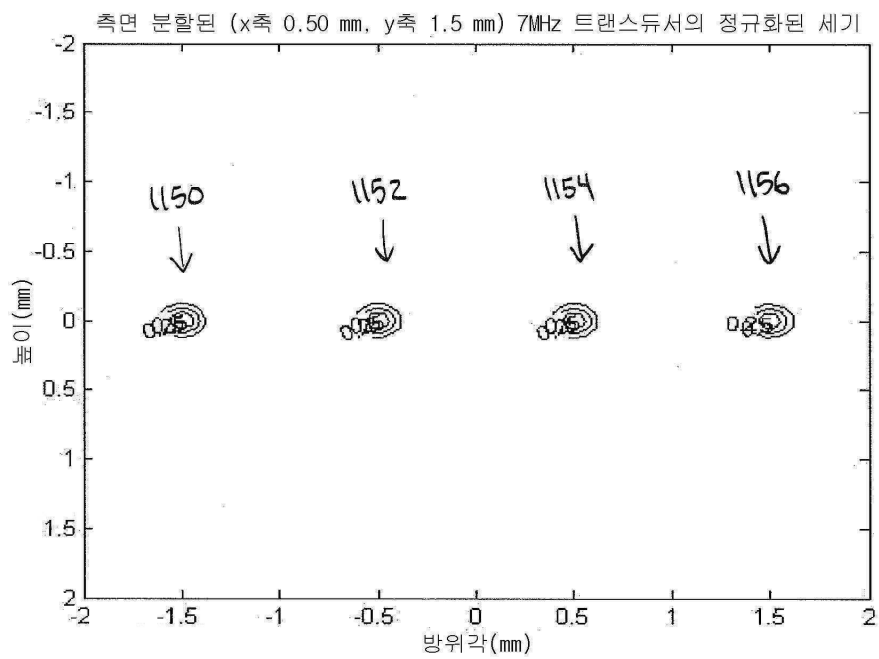
측면 분할된 (x축 0.55 mm, y축 0.25 mm) 7MHz 트랜스듀서의 정규화된 세기



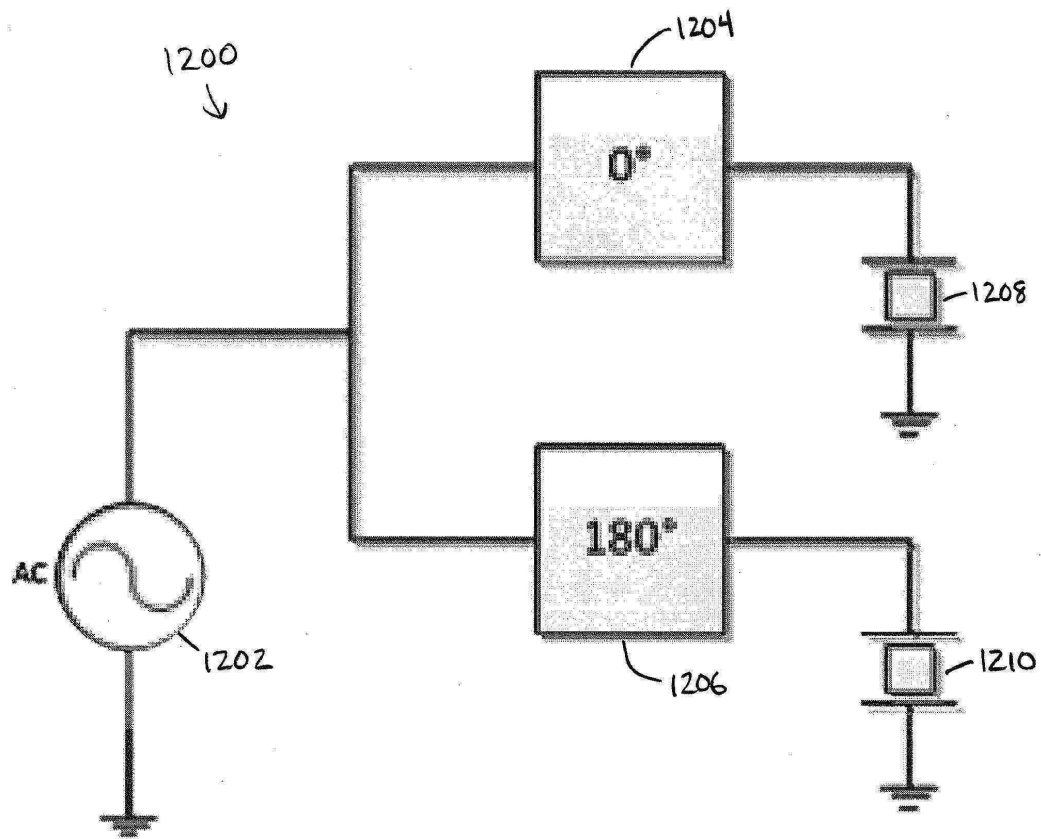
도면12c



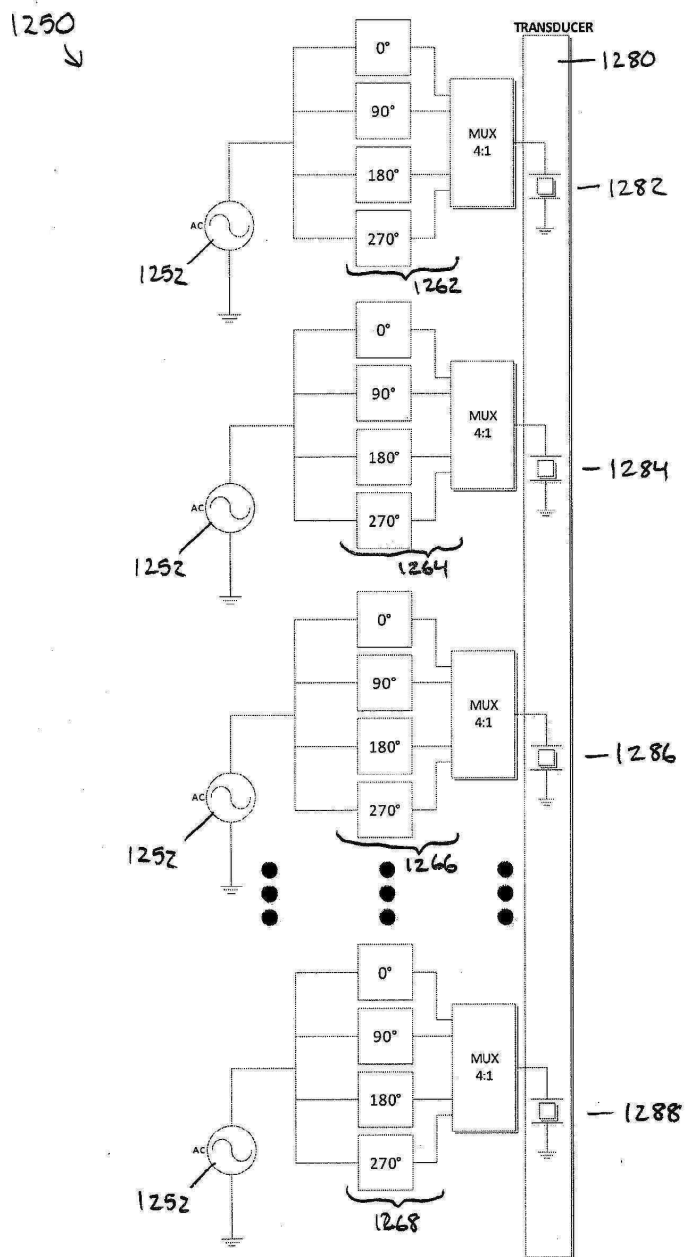
도면12d



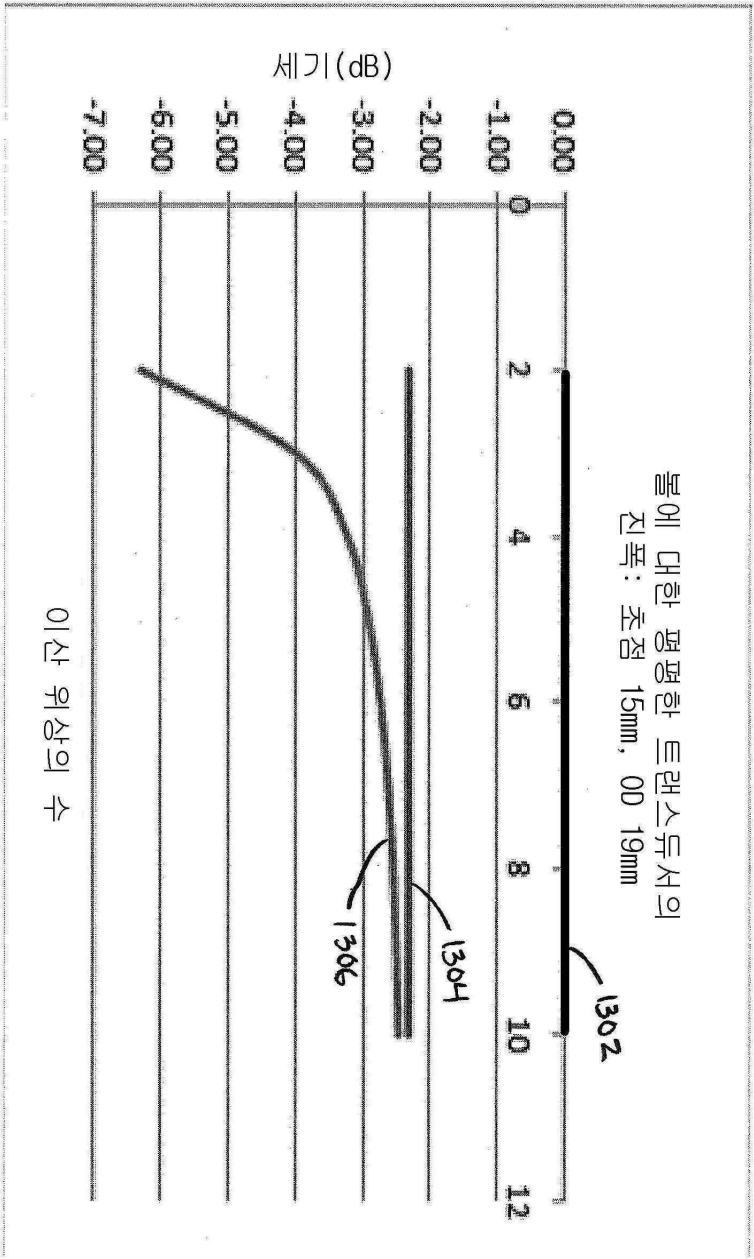
도면13



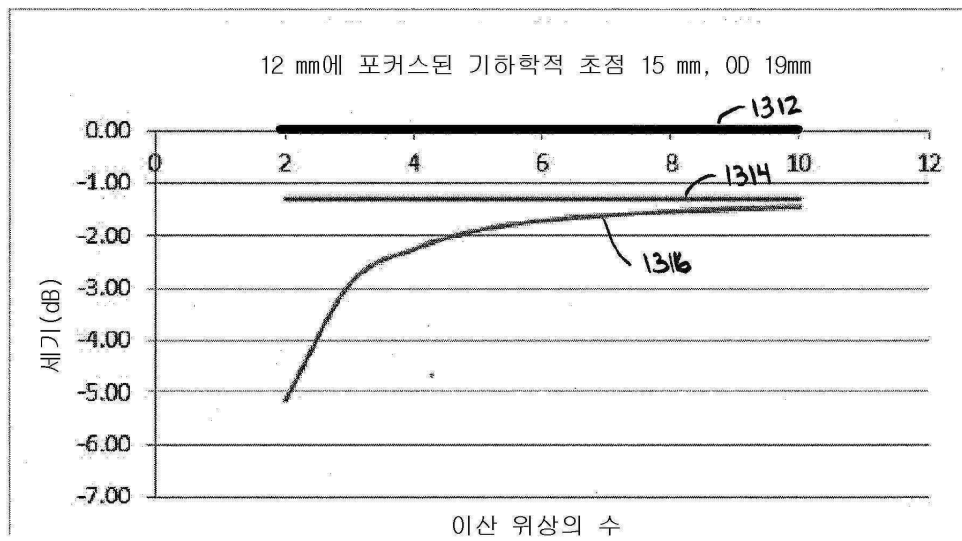
도면14



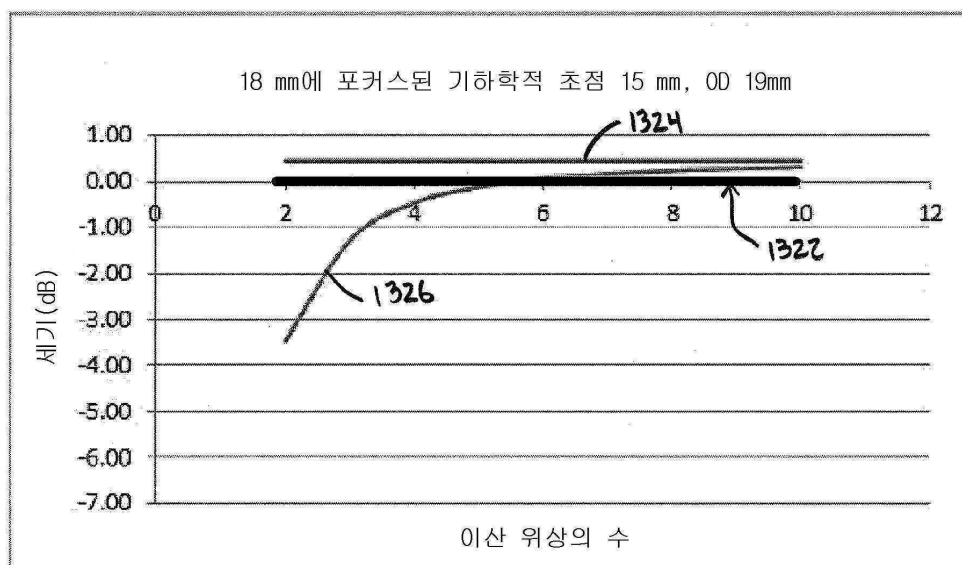
도면15



도면16a



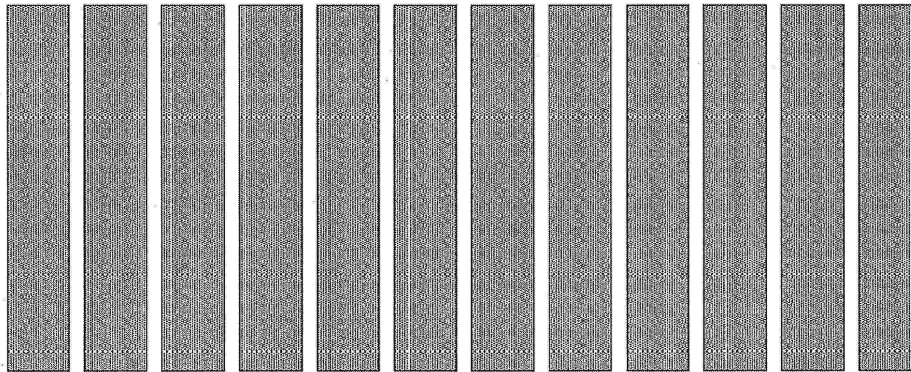
도면16b



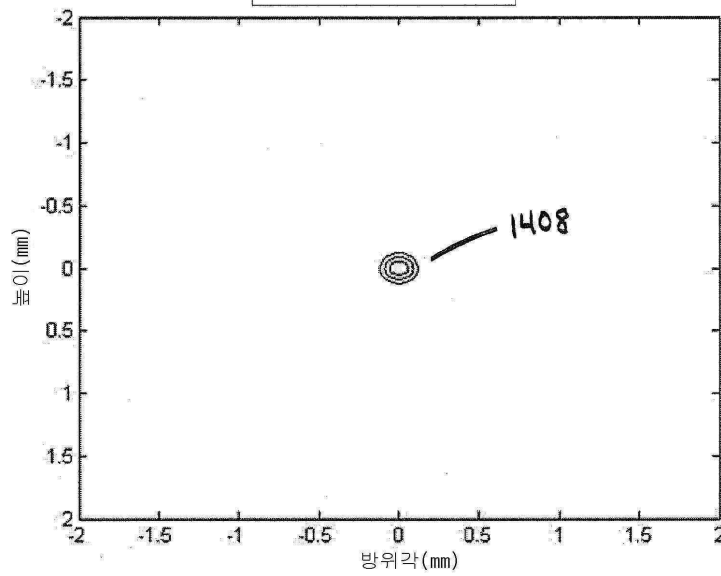
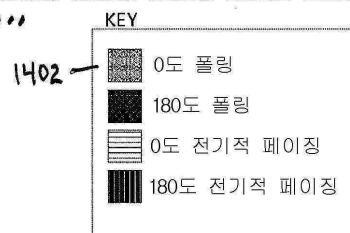
도면17a

1400
↓

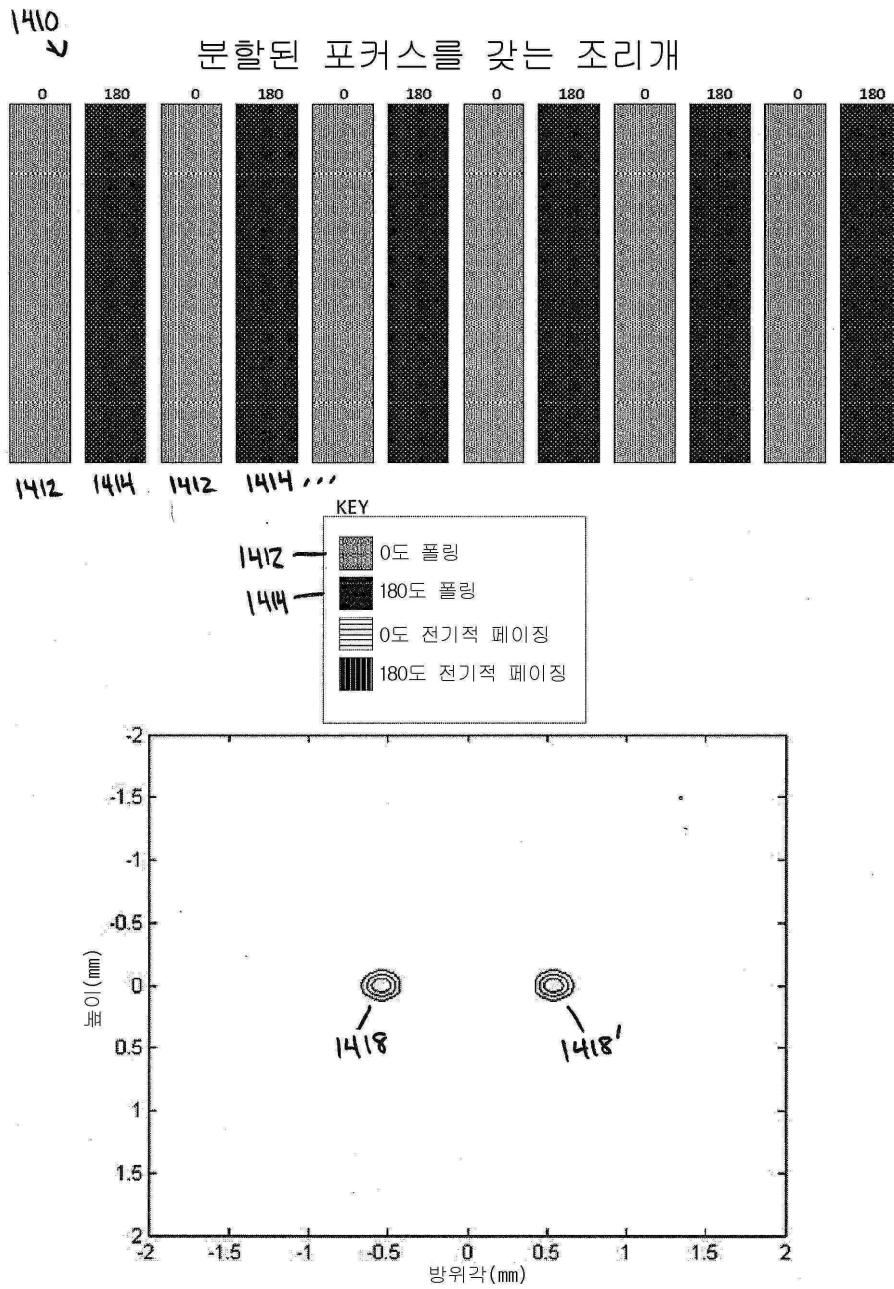
전방 포커스를 갖는 조리개



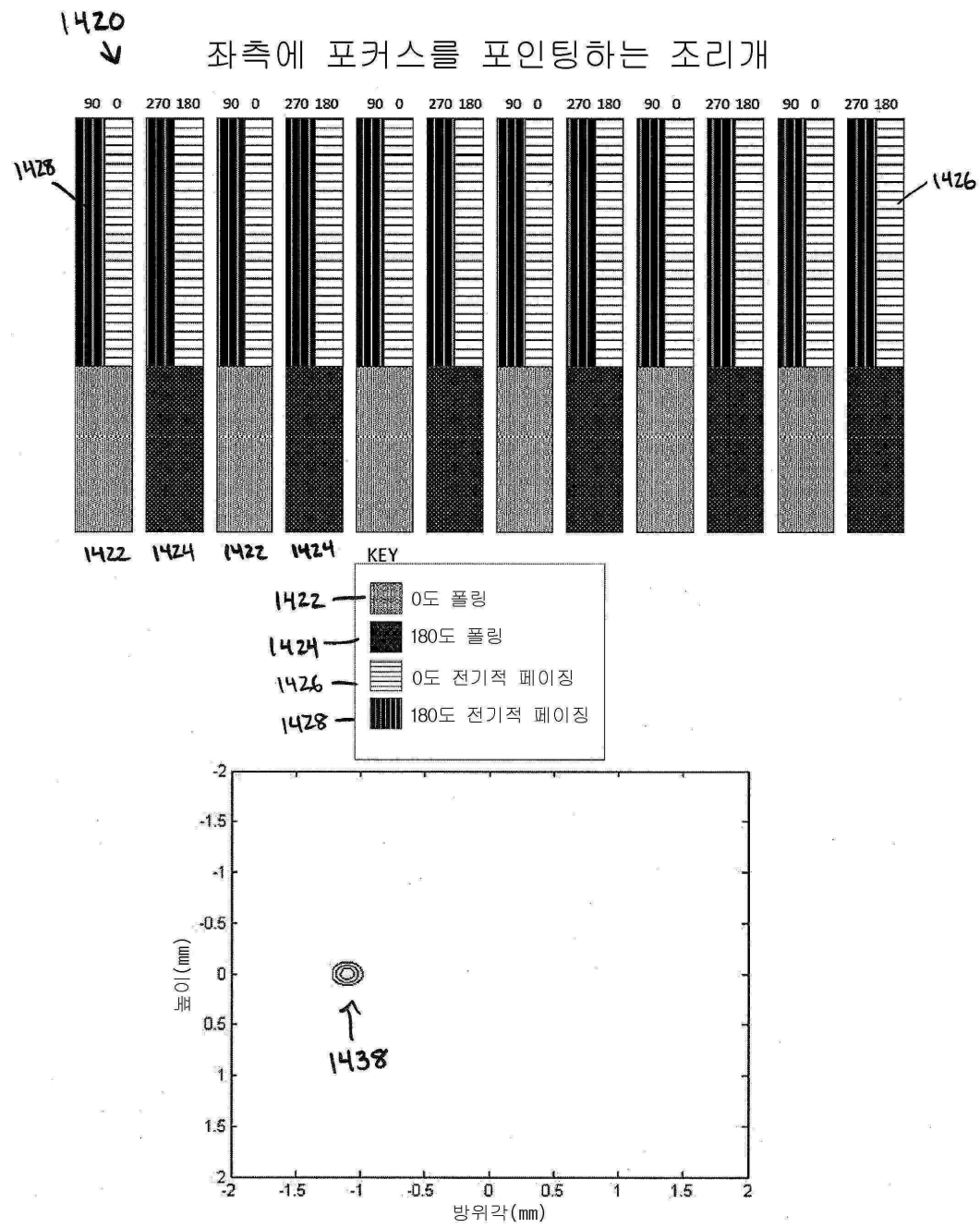
1402 1402 1402



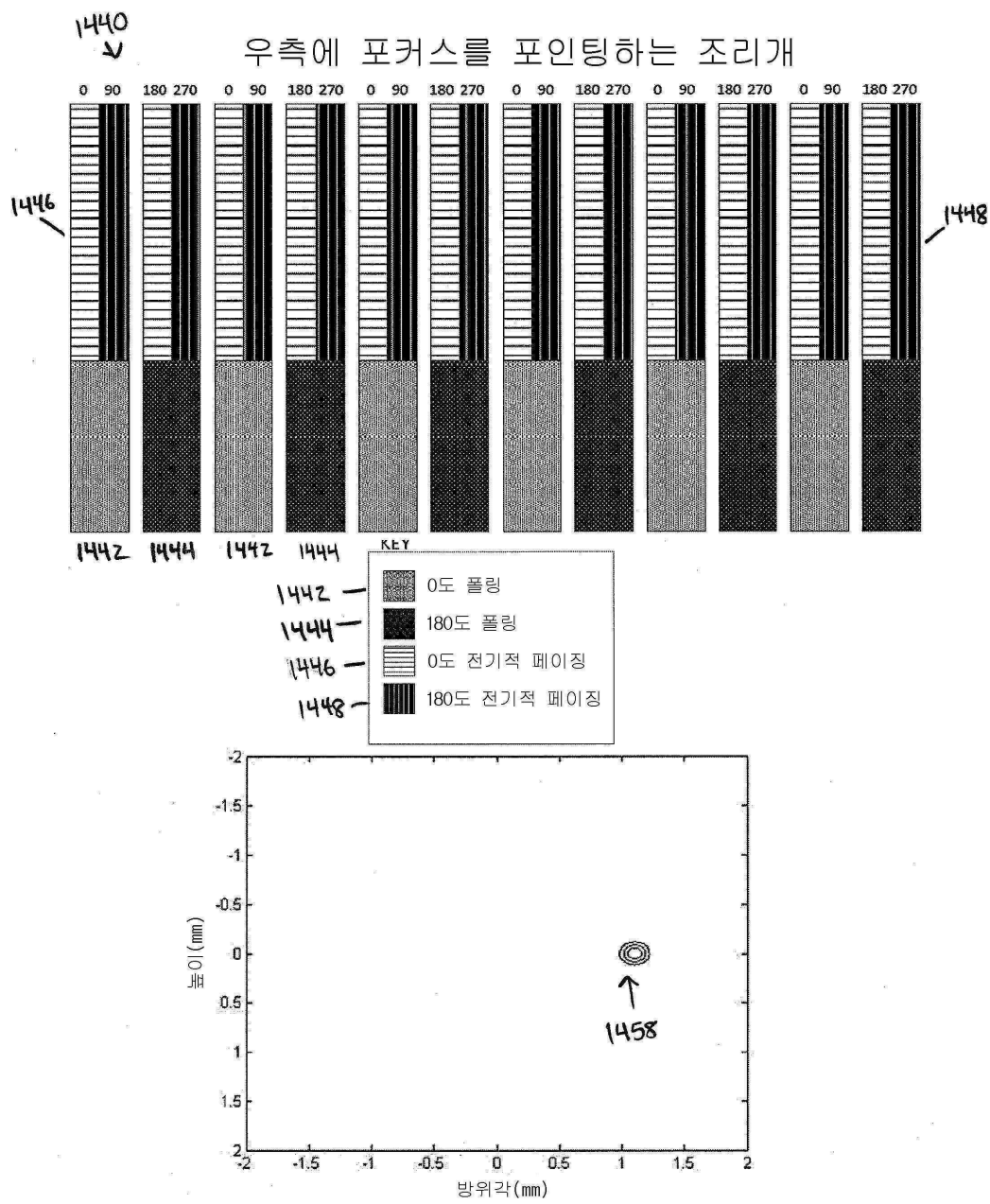
도면17b



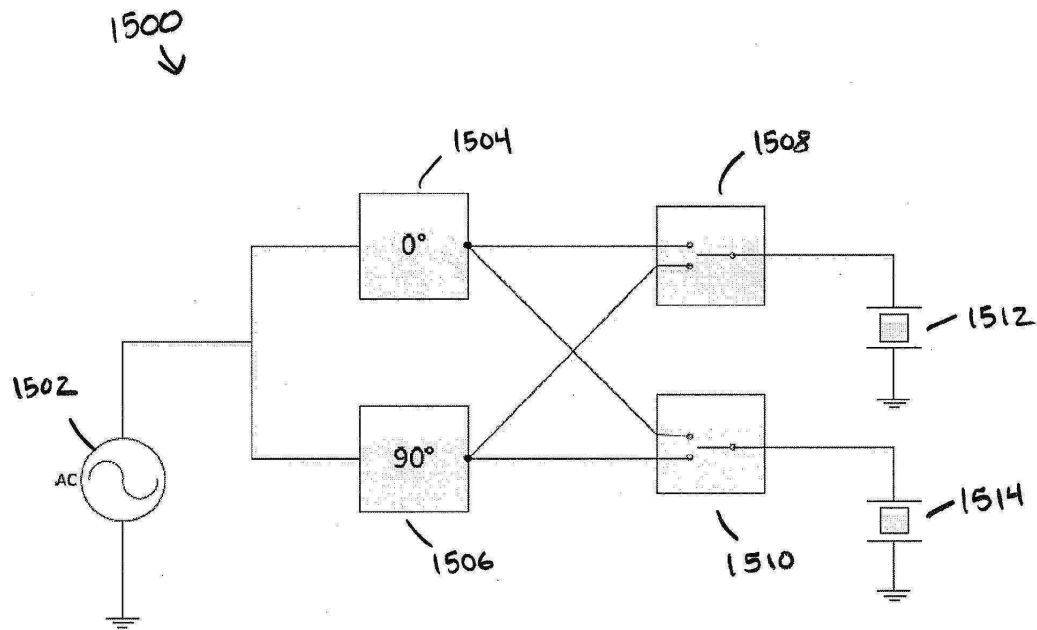
도면17c



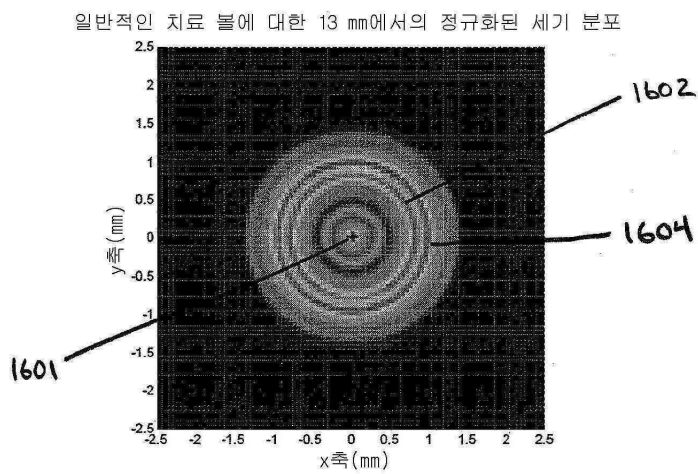
도면17d



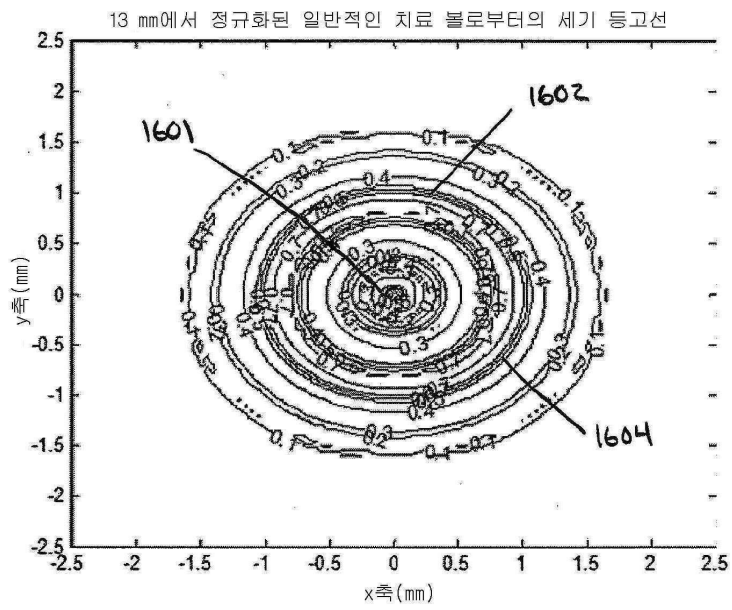
도면18



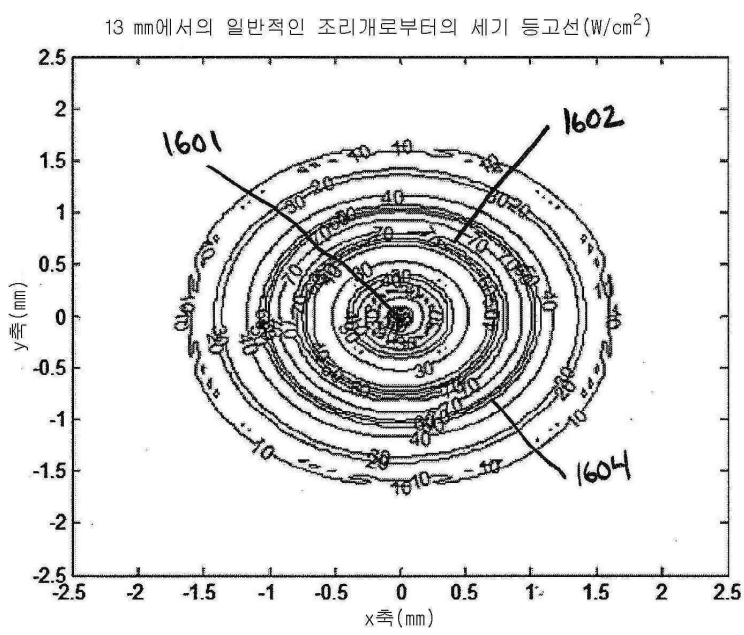
도면19a



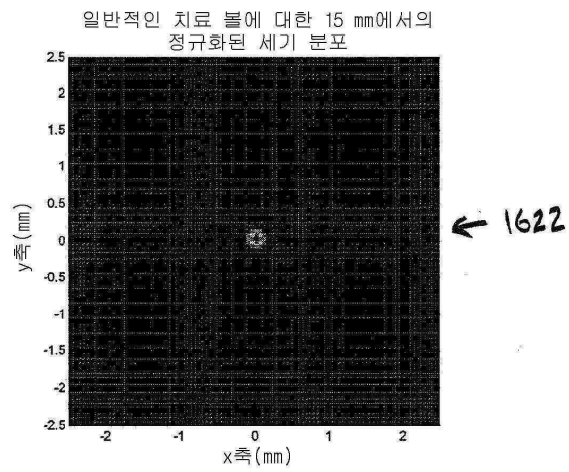
도면19b



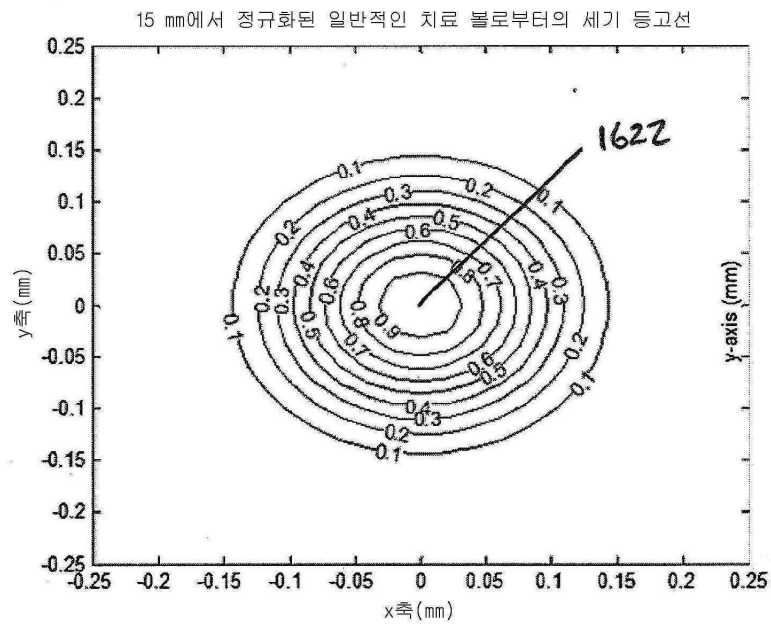
도면19c



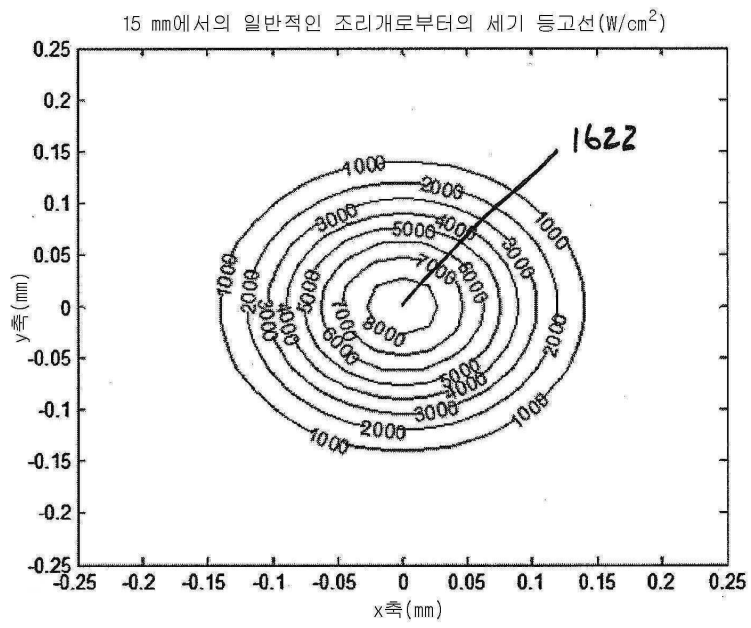
도면20a



도면20b



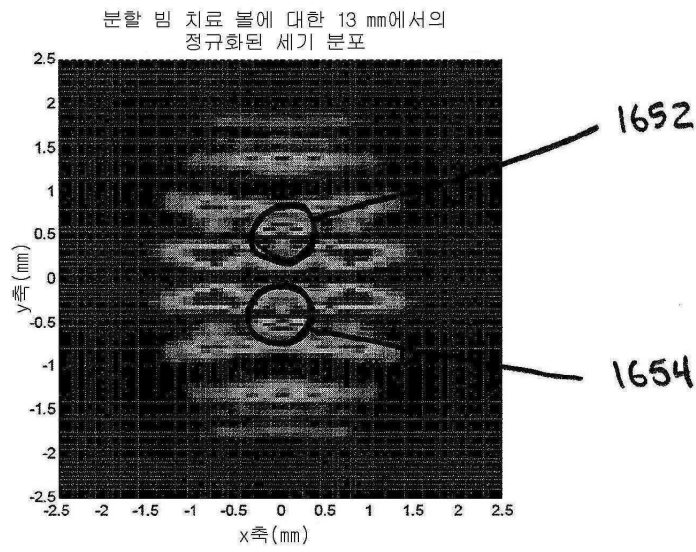
도면20c



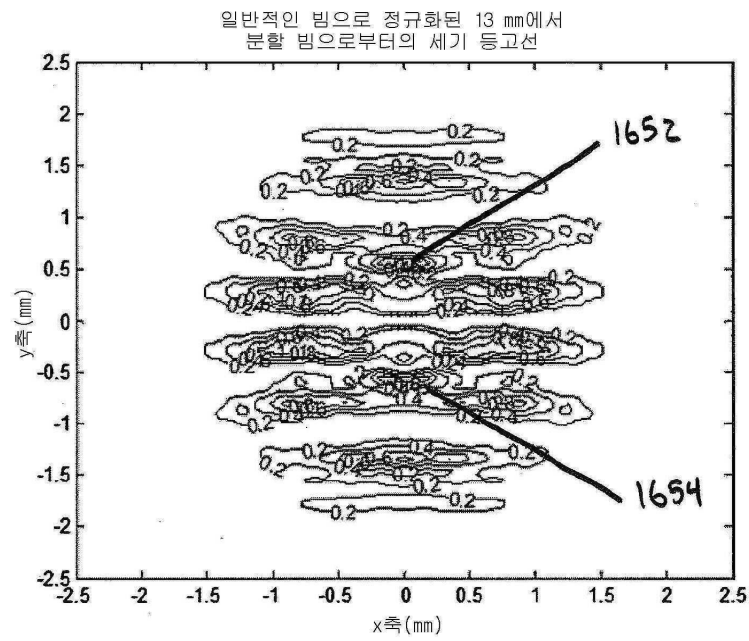
도면21



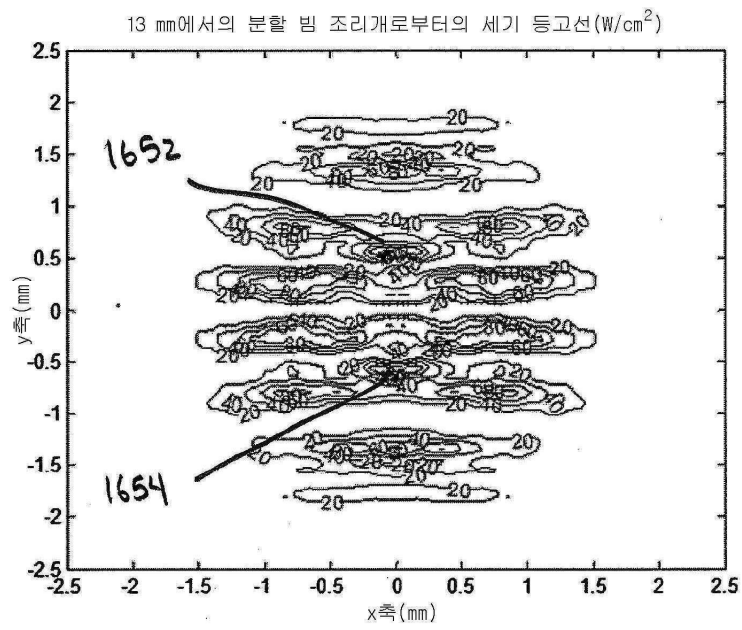
도면22a



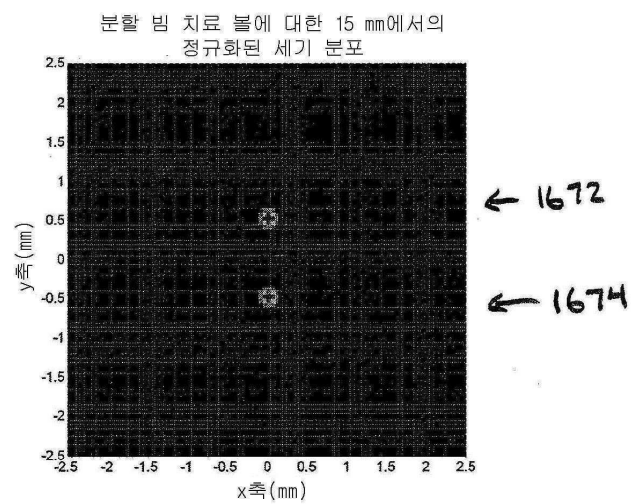
도면22b



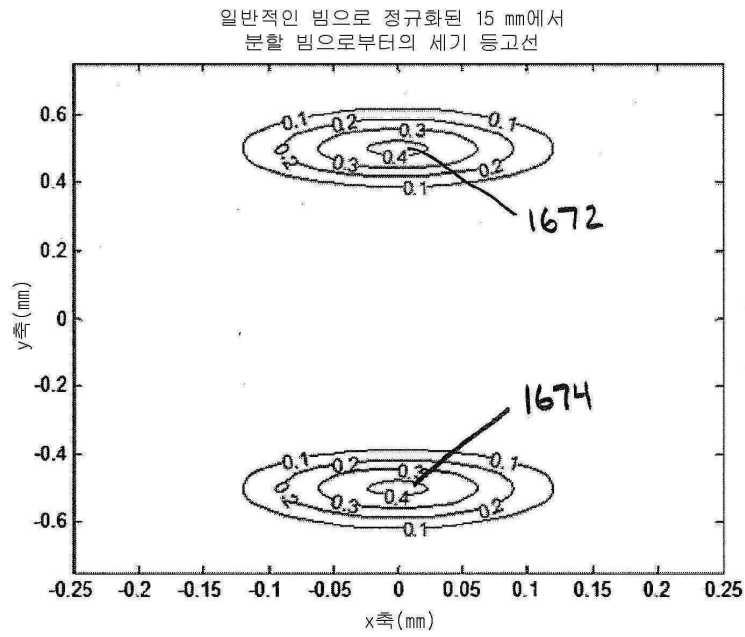
도면22c



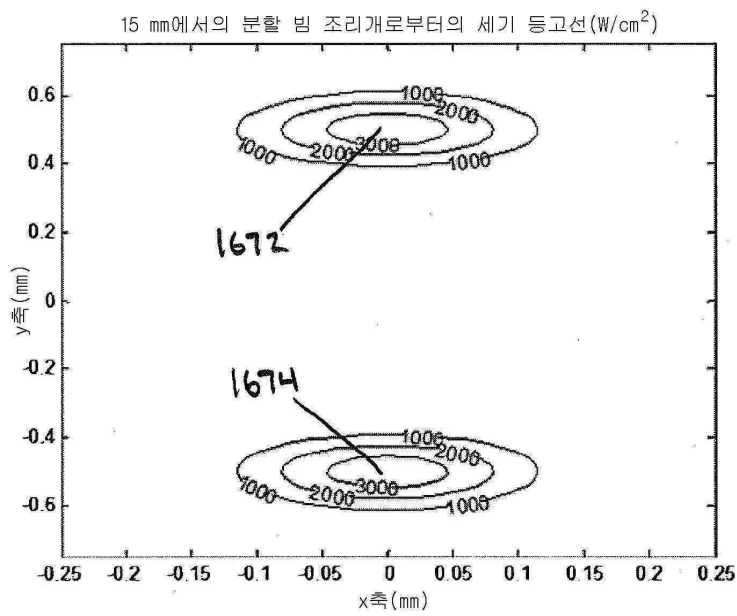
도면23a



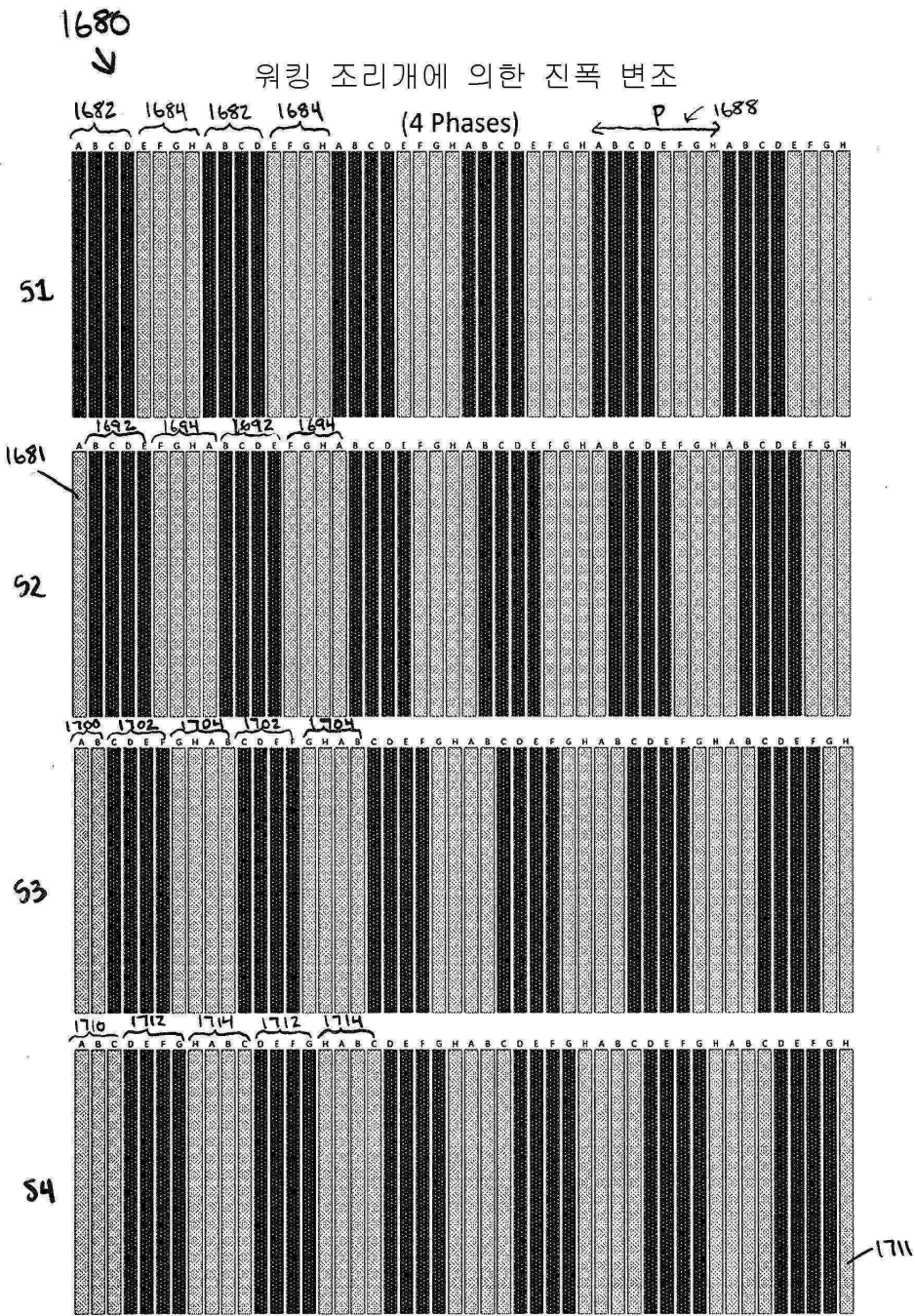
도면23b



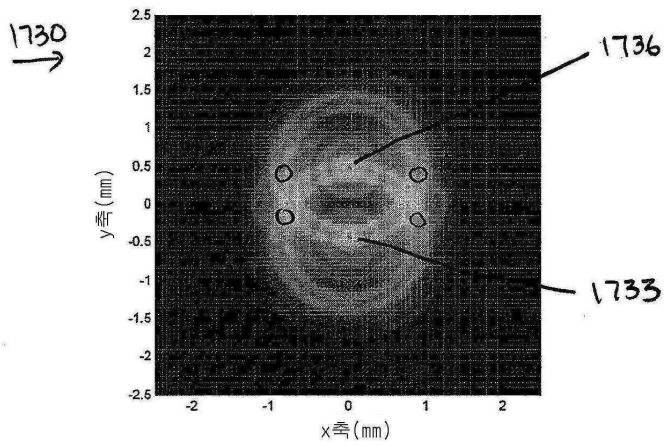
도면23c



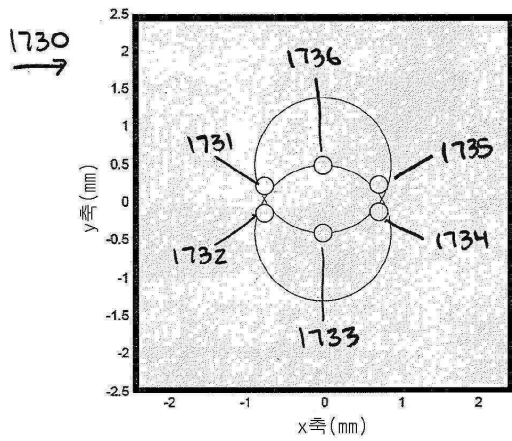
도면24



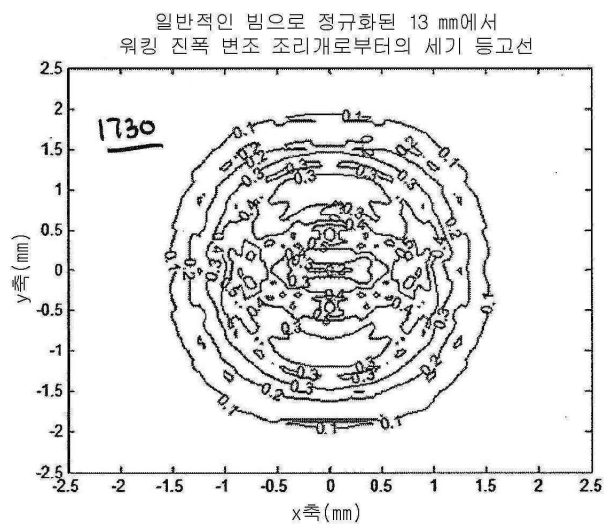
도면25a



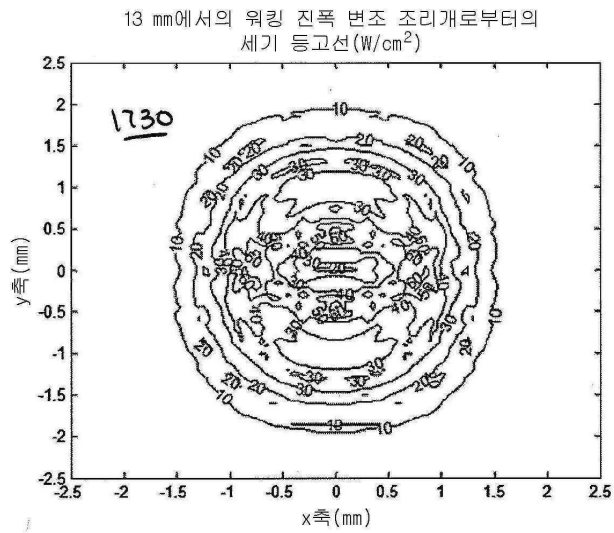
도면25b



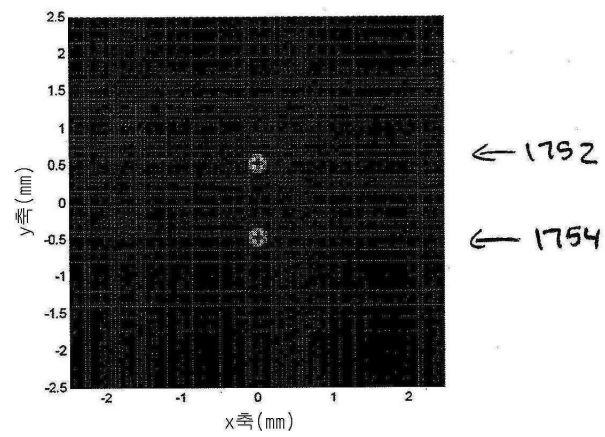
도면25c



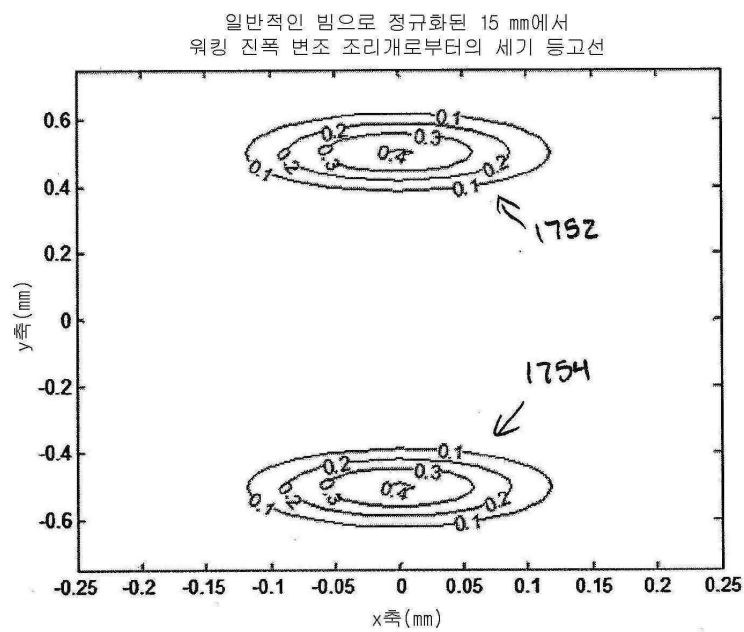
도면25d



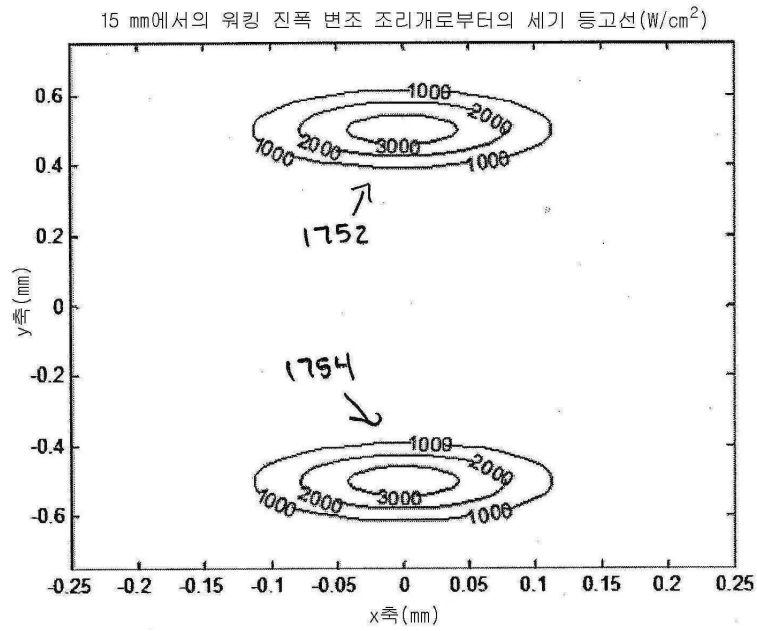
도면26a



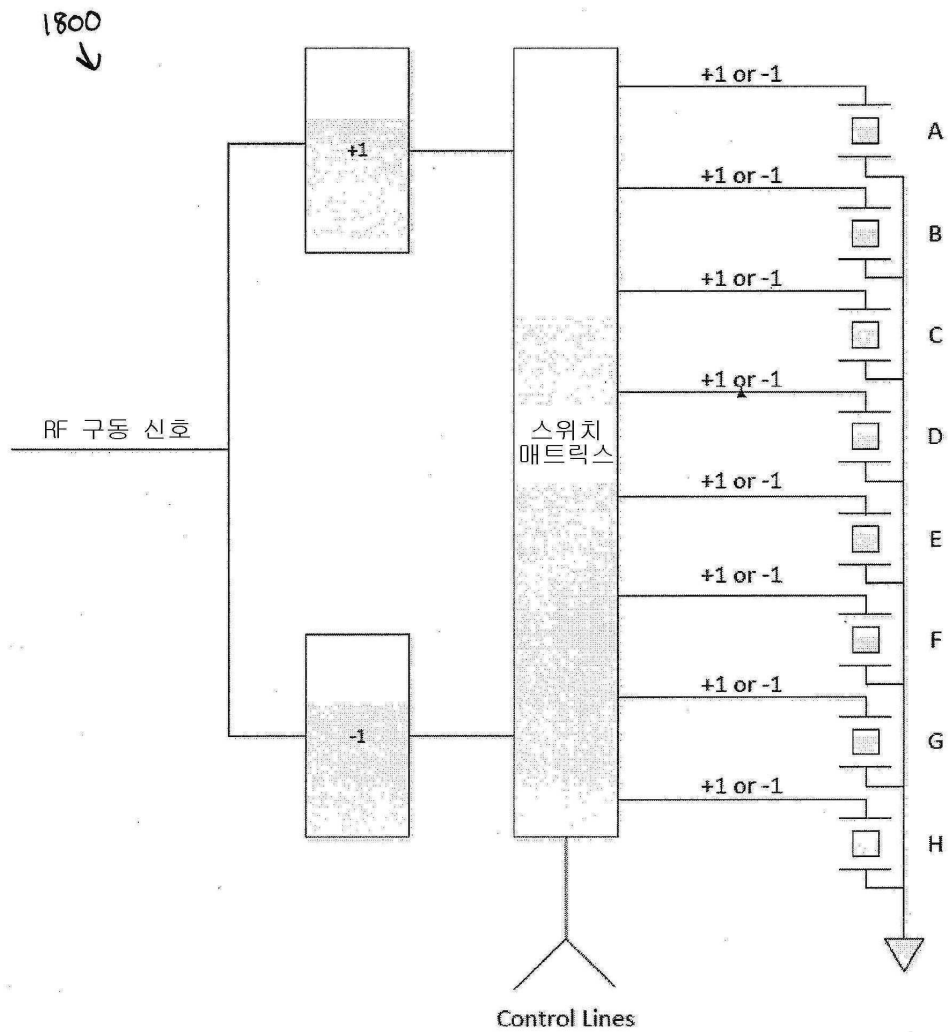
도면26b



도면26c



도면27a

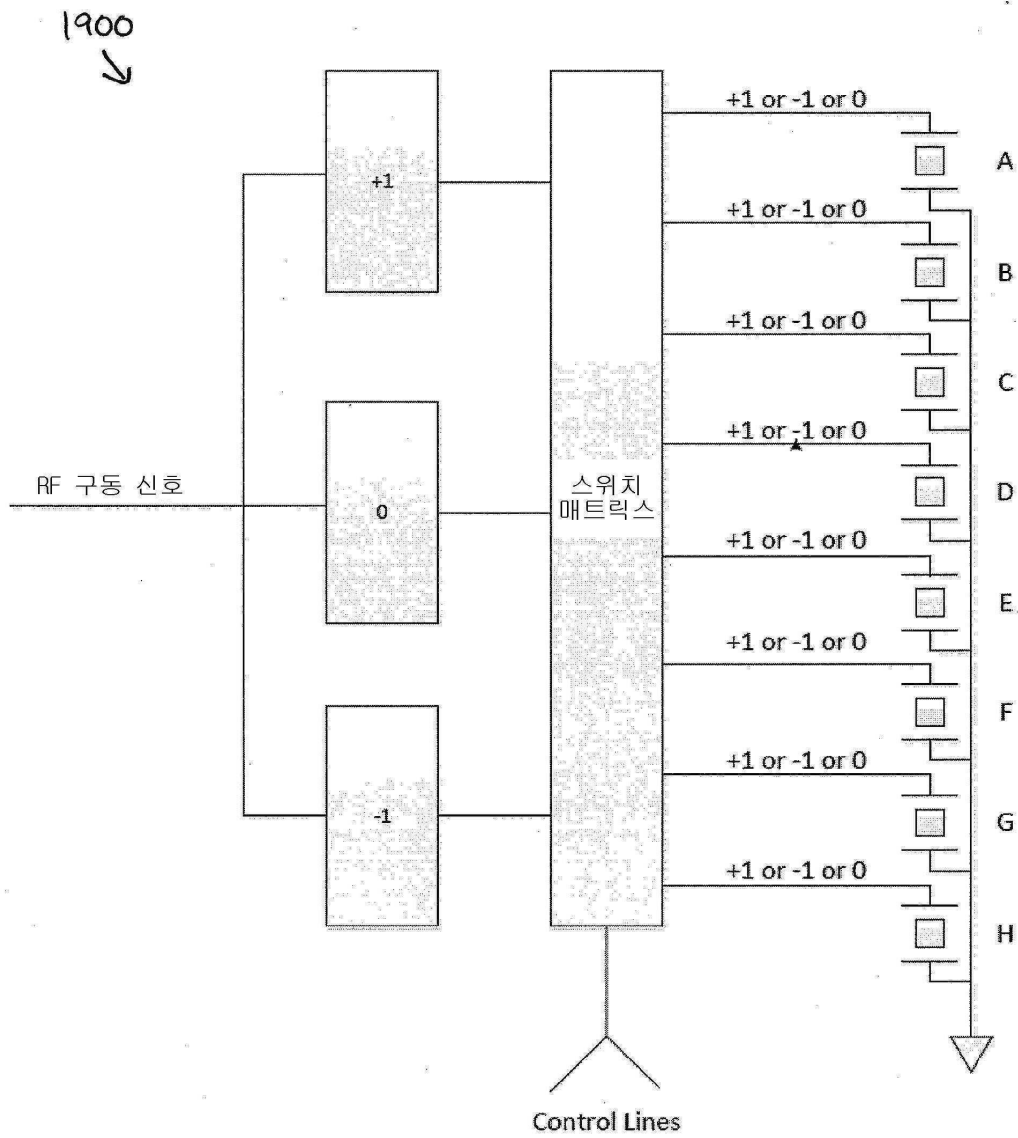


1850



		조리개 그룹							
상태	시간	A	B	C	D	E	F	G	H
S1	T1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	-1
S2	T2	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1
S3	T3	-1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1
S4	T4	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	-1
S5	T5	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1
S6	T6	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1
S7	T7	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1
S8	T8	+1	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1
S1	T9	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	-1
S2	T10	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1
S3	T11	-1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1
S4	T12	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	-1
S5	T13	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1
S6	T14	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1
S7	T15	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1
S8	T16	+1	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1
.
.
.
Sn	Tn	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD

도면28a

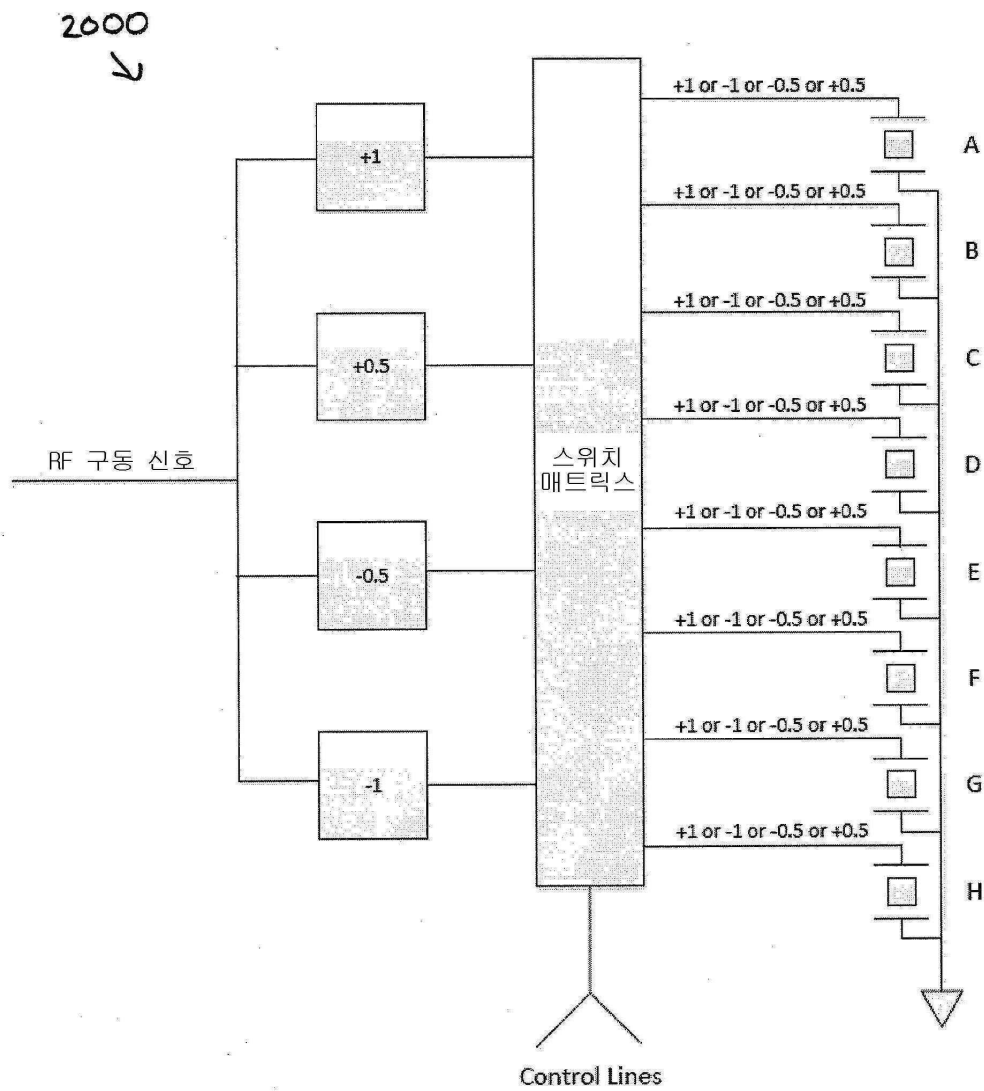


도면28b

1950
N

		조리개 그룹							
상태	시간	A	B	C	D	E	F	G	H
S1	T1	+1	0	-1	0	+1	0	-1	0
S2	T2	0	+1	0	-1	0	+1	0	-1
S3	T3	-1	0	+1	0	-1	0	+1	0
S4	T4	0	-1	0	+1	0	-1	0	+1
S1	T5	+1	0	-1	0	+1	0	-1	0
S2	T6	0	+1	0	-1	0	+1	0	-1
S3	T7	-1	0	+1	0	-1	0	+1	0
S4	T8	0	-1	0	+1	0	-1	0	+1
S1	T9	+1	0	-1	0	+1	0	-1	0
S2	T10	0	+1	0	-1	0	+1	0	-1
S3	T11	-1	0	+1	0	-1	0	+1	0
S4	T12	0	-1	0	+1	0	-1	0	+1
S1	T13	+1	0	-1	0	+1	0	-1	0
S2	T14	0	+1	0	-1	0	+1	0	-1
S3	T15	-1	0	+1	0	-1	0	+1	0
S4	T16	0	-1	0	+1	0	-1	0	+1
.
.
.
Sn	Tn	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD

도면29a



도면29b

2050 ↙

		조리개 그룹							
상태	시간	A	B	C	D	E	F	G	H
S1	T1	+0.5	+1	+1	+0.5	-0.5	-1	-1	-0.5
S2	T2	-0.5	+0.5	+1	+1	+0.5	-0.5	-1	-1
S3	T3	-1	-0.5	+0.5	+1	+1	+0.5	-0.5	-1
S4	T4	-1	-1	-0.5	+0.5	+1	+1	+0.5	-0.5
S5	T5	-0.5	-1	-1	-0.5	+0.5	+1	+1	+0.5
S6	T6	+0.5	-0.5	-1	-1	-0.5	+0.5	+1	+1
S7	T7	+1	+0.5	-0.5	-1	-1	-0.5	+0.5	+1
S8	T8	+1	+1	+0.5	-0.5	-1	-1	-0.5	+0.5
S1	T9	+0.5	+1	+1	+0.5	-0.5	-1	-1	-0.5
S2	T10	-0.5	+0.5	+1	+1	+0.5	-0.5	-1	-1
S3	T11	-1	-0.5	+0.5	+1	+1	+0.5	-0.5	-1
S4	T12	-1	-1	-0.5	+0.5	+1	+1	+0.5	-0.5
S5	T13	-0.5	-1	-1	-0.5	+0.5	+1	+1	+0.5
S6	T14	+0.5	-0.5	-1	-1	-0.5	+0.5	+1	+1
S7	T15	+1	+0.5	-0.5	-1	-1	-0.5	+0.5	+1
S8	T16	+1	+1	+0.5	-0.5	-1	-1	-0.5	+0.5
Sn	Tn	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD

【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

하나의 초음파 트랜스듀서로부터 2개의 열 응고점들(thermal coagulation points)를 동시에 생성하기 위한 초음파 시스템으로서,

초음파 프로브를 포함하고,

상기 초음파 프로브는, 초음파 트랜스듀서를 포함하고,

상기 초음파 트랜스듀서는, 압전 물질을 포함하고,

상기 압전 물질은 복수의 부분을 포함하고,

상기 압전 물질의 복수의 부분은, 진폭 변조(amplitude modulation)을 통해 상기 압전 물질로부터 하나의 거리

에 있는 2개의 위치에서 초음파 에너지를 유도하도록 구성되고,

상기 압전 물질은, 이웃하는 열 응고점으로부터 분리된 상기 2개의 열 응고점의 개별 열 응고점에게 상기 초음파 에너지를 인가함으로써, 2개의 열 응고점들을 동시에 생성하도록 구성되는, 초음파 시스템.

【변경후】

하나의 초음파 트랜스듀서로부터 2개의 열 응고점들(thermal coagulation points)을 동시에 생성하기 위한 초음파 시스템으로서,

초음파 프로브를 포함하고,

상기 초음파 프로브는, 초음파 트랜스듀서를 포함하고,

상기 초음파 트랜스듀서는, 압전 물질을 포함하고,

상기 압전 물질은 복수의 부분을 포함하고,

상기 압전 물질의 복수의 부분은, 진폭 변조(amplitude modulation)를 통해 상기 압전 물질로부터 하나의 거리에 있는 2개의 위치에서 초음파 에너지를 유도하도록 구성되고,

상기 압전 물질은, 이웃하는 열 응고점으로부터 분리된 상기 2개의 열 응고점의 개별 열 응고점에게 상기 초음파 에너지를 인가함으로써, 2개의 열 응고점들을 동시에 생성하도록 구성되는, 초음파 시스템.

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 2

【변경전】

하나의 초음파 트랜스듀서로부터 2개의 열 응고점들(thermal coagulation points)을 동시에 생성하기 위한 초음파 시스템으로서,

초음파 프로브를 포함하고,

상기 초음파 프로브는, 초음파 트랜스듀서를 포함하고,

상기 초음파 트랜스듀서는, 압전 물질을 포함하고,

상기 압전 물질은, 복수의 부분을 포함하고,

상기 압전 물질의 복수의 부분은, 폴링(poling)을 통해 상기 압전 물질로부터 하나의 거리에 있는 2개의 위치에 서 초음파 에너지를 유도하도록 구성되고,

상기 압전 물질은, 이웃하는 열 응고점으로부터 분리된 상기 2개의 열 응고점의 개별 열 응고점에게 상기 초음파 에너지를 인가함으로써, 2개의 열 응고점들을 동시에 생성하도록 구성되고,

상기 폴링은, 상기 압전 물질의 상기 복수의 부분으로부터 제공된 상이한 폴링 모멘트를 포함하는, 초음파 시스템.

【변경후】

하나의 초음파 트랜스듀서로부터 2개의 열 응고점들(thermal coagulation points)을 동시에 생성하기 위한 초음파 시스템으로서,

초음파 프로브를 포함하고,

상기 초음파 프로브는, 초음파 트랜스듀서를 포함하고,

상기 초음파 트랜스듀서는, 압전 물질을 포함하고,

상기 압전 물질은, 복수의 부분을 포함하고,

상기 압전 물질의 복수의 부분은, 폴링(poling)을 통해 상기 압전 물질로부터 하나의 거리에 있는 2개의 위치에서 초음파 에너지를 유도하도록 구성되고,

상기 압전 물질은, 이웃하는 열 응고점으로부터 분리된 상기 2개의 열 응고점의 개별 열 응고점에 상기 초음파 에너지를 인가함으로써, 2개의 열 응고점들을 동시에 생성하도록 구성되고,

상기 폴링은, 상기 압전 물질의 상기 복수의 부분으로부터 제공된 상이한 폴링 모멘트를 포함하는, 초음파 시스템.

【직권보정 3】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 3

【변경전】

하나의 초음파 트랜스듀서로부터 2개의 열 응고점들(thermal coagulation points)를 동시에 생성하기 위한 초음파 시스템으로서,

초음파 프로브를 포함하고,

상기 초음파 프로브는, 초음파 트랜스듀서를 포함하고,

상기 초음파 트랜스듀서는, 압전 물질을 포함하고,

상기 압전 물질은, 복수의 부분을 포함하고,

상기 압전 물질의 복수의 부분은, 진폭 변조(amplitude modulation) 및 폴링(poling)을 통해 상기 압전 물질로부터 하나의 거리에 있는 2개의 위치에서, 4MHz, 7MHz 및 10MHz로 구성된 그룹으로부터 선택된 주파수에서 초음파 에너지를 유도하도록 구성되고,

상기 압전 물질은, 이웃하는 열 응고점으로부터 분리된 상기 2개의 열 응고점의 개별 열 응고점에 상기 초음파 에너지를 인가함으로써, 상기 2개의 위치에서 2개의 열 응고점들을 동시에 생성하도록 구성되고,

상기 폴링은, 상기 압전 물질의 상기 복수의 부분으로부터 제공된 상이한 폴링 모멘트를 포함하는, 초음파 시스템.

【변경후】

하나의 초음파 트랜스듀서로부터 2개의 열 응고점들(thermal coagulation points)을 동시에 생성하기 위한 초음파 시스템으로서,

초음파 프로브를 포함하고,

상기 초음파 프로브는, 초음파 트랜스듀서를 포함하고,

상기 초음파 트랜스듀서는, 압전 물질을 포함하고,

상기 압전 물질은, 복수의 부분을 포함하고,

상기 압전 물질의 복수의 부분은, 진폭 변조(amplitude modulation) 및 폴링(poling)을 통해 상기 압전 물질로부터 하나의 거리에 있는 2개의 위치에서, 4MHz, 7MHz 및 10MHz로 구성된 그룹으로부터 선택된 주파수에서 초음파 에너지를 유도하도록 구성되고,

상기 압전 물질은, 이웃하는 열 응고점으로부터 분리된 상기 2개의 열 응고점의 개별 열 응고점에 상기 초음파 에너지를 인가함으로써, 상기 2개의 위치에서 2개의 열 응고점들을 동시에 생성하도록 구성되고,

상기 폴링은, 상기 압전 물질의 상기 복수의 부분으로부터 제공된 상이한 폴링 모멘트를 포함하는, 초음파 시스템.

【직권보정 4】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 4

【변경전】

하나의 초음파 트랜스듀서로부터 2개의 열 응고점들(thermal coagulation points)를 동시에 생성하기 위한 조직 치료에 사용되는 초음파 시스템으로서,

초음파 프로브를 포함하고,

상기 초음파 프로브는,

핸들;

초음파 치료를 제공하기 위해 초음파 치료 기능을 작동 가능하게 제어하는 스위치; 및

초음파 트랜스듀서를 포함하고,

상기 초음파 트랜스듀서는 압전 물질을 포함하고,

상기 압전 물질은, 복수의 부분을 포함하고,

상기 압전 물질의 복수의 부분은, 진폭 변조(amplitude modulation) 및 폴링(poling)으로 구성된 그룹 중 하나 이상을 통해 동시에 초음파 에너지를 인가하도록 구성되고,

상기 초음파 에너지는, 활성화되고 상기 스위치에 작동 가능하게 연결될 때, 하나 이상의 거리에서 2개의 위치에 있는 조직의 2개의 열 응고점들을 동시에 향하고,

상기 폴링이 사용될 때에, 상기 폴링은 상기 압전 물질의 상기 복수의 부분으로부터 제공된 상이한 폴링 모멘트를 포함하는, 초음파 시스템.

【변경후】

하나의 초음파 트랜스듀서로부터 2개의 열 응고점들(thermal coagulation points)을 동시에 생성하기 위한 조직 치료에 사용되는 초음파 시스템으로서,

초음파 프로브를 포함하고,

상기 초음파 프로브는,

핸들;

초음파 치료를 제공하기 위해 초음파 치료 기능을 작동 가능하게 제어하는 스위치; 및

초음파 트랜스듀서를 포함하고,

상기 초음파 트랜스듀서는 압전 물질을 포함하고,

상기 압전 물질은, 복수의 부분을 포함하고,

상기 압전 물질의 복수의 부분은, 진폭 변조(amplitude modulation) 및 폴링(poling)으로 구성된 그룹 중 하나 이상을 통해 동시에 초음파 에너지를 인가하도록 구성되고,

상기 초음파 에너지는, 활성화되고 상기 스위치에 작동 가능하게 연결될 때, 하나 이상의 거리에서 2개의 위치에 있는 조직의 2개의 열 응고점들을 동시에 향하고,

상기 폴링이 사용될 때에, 상기 폴링은 상기 압전 물질의 상기 복수의 부분으로부터 제공된 상이한 폴링 모멘트를 포함하는, 초음파 시스템.