

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2020년 8월 27일 (27.08.2020) WIPO | PCT



(10) 국제공개번호
WO 2020/171408 A2

(51) 국제특허분류:
B25J 9/10 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2020/001378

(22) 국제출원일: 2020년 1월 29일 (29.01.2020)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2019-0019447 2019년 2월 19일 (19.02.2019) KR

(71) 출원인: 전남대학교산학협력단 (INDUSTRY FOUNDATION OF CHONNAM NATIONAL UNIVERSITY) [KR/KR]; 61186 광주시 북구 용봉로 77, Gwangju (KR). 재단법인 한국마이크로의료로봇연구원 (KOREA INSTITUTE OF MEDICAL MICROROBOTICS) [KR/KR]; 61011 광주시 북구 첨단과기로208번길 43-26 305호, Gwangju (KR).

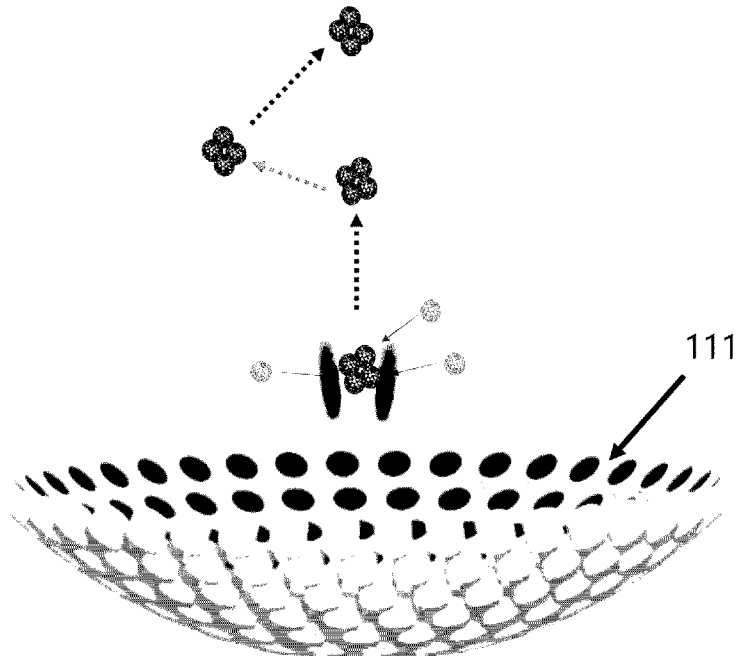
(72) 발명자: 김창세 (KIM, Chang-Sei); 61011 광주시 북구 첨단과기로208번길 43-26, Gwangju (KR). 박종오 (PARK, Jongoh); 10211 경기도 고양시 일산서구 가좌2로 22 604-1802, Gyeonggi-do (KR). 최은표 (CHOI, Eunpyo); 61086 광주시 북구 첨단연신로 217 103-301, Gwangju (KR). 강병전 (KANG, Byungjeon); 61061 광주시 북구 하백로6번길 12 101-506, Gwangju (KR). 이한솔 (LEE, Hansol); 62055 광주시 서구 송풍로 30 105-1104, Gwangju (KR).

(74) 대리인: 윤대웅 (YOON, Dae Woong); 08793 서울시 관악구 남부순환로 1922 603호, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK,

(54) Title: MICRO-ROBOT OPERATING DEVICE USING UNIDIRECTIONAL ULTRASONIC TRANSDUCER, AND SYSTEM USING SAME

(54) 발명의 명칭: 단일방향 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동장치 및 이를 이용한 시스템



(57) Abstract: A micro-robot operating system using an ultrasonic transducer according to an embodiment of the present invention may comprise: a micro-robot moving in an inspection object; and a micro-robot operating device for controlling the location of the micro-robot. A micro-robot operating device using an ultrasonic transducer may comprise: an ultrasonic transducer unit including a plurality of ultrasonic transducers; and a control unit for controlling the plurality of ultrasonic transducers, wherein the plurality of ultrasonic transducers are arranged to form a curved surface toward a particular location in a space.

(57) 요약서: 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동시스템은 피검체의 내부를 이동하는 마이크로로봇; 및 상기 마이크로로봇의 위치를 제어하는 마이크로로봇 구동장치;를 포함할 수 있다. 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동장치는 복수의 초음파 트랜스듀서를 포함하는 초음파 트랜스듀서부 및 상기 복수의 초음파 트랜스듀서를 제어하는 제어부를 포함하고, 상기 복수의 초음파 트랜스듀서는 공간 상 특정 위치를 향하도록 굴곡면을 형성하도록 배열될 수 있다.

[다음 쪽 계속]



WO 2020/171408 A2



MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

- 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도로 공개함 (규칙 48.2(g))

명세서

발명의 명칭: 단일방향 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동장치 및 이를 이용한 시스템

기술분야

- [1] 본 발명은 보건복지부의 지원 하에서 과제번호 HI19C0642에 의해 이루어진 것으로서, 상기 과제의 연구관리전문기관은 한국보건산업진흥원, 연구사업명은 "마이크로의료로봇실용화기술개발", 연구과제명은 "마이크로의료로봇 실용화 공통기반 기술개발 센터", 주관기관은 한국마이크로의료로봇연구원, 연구기간은 2019.06.12 ~ 2022.12.31이다.
- [2] 본 특허출원은 2019년 02월 19일에 대한민국 특허청에 제출된 대한민국 특허출원 제10-2019-0019447호에 대하여 우선권을 주장하며, 상기 특허출원의 개시 사항은 본 명세서에 참조로서 삽입된다.
- [3] 본 발명은 단일방향 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동장치 및 이를 이용한 시스템에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 특정 위치를 향하도록 배열된 단일방향 초음파 트랜스듀서를 포함하는 마이크로 로봇 구동 장치를 이용하여 피검체 내 마이크로 로봇의 위치를 무선으로 제어하는 장치 및 시스템에 관한 것이다.

배경기술

- [4] 종래의 마이크로로봇을 이동시키기 위한 구동장치 중 전자기장 구동장치는 포집 능력 저하, 약물을 과다 투여할 가능성, 자성입자 사용의 문제와 더불어 구동 장치의 크기가 크고 무게가 많이 나가는 문제점을 가지고 있었다.
- [5] 이에, 전자기장 구동 장치를 대체하기 위한 초음파장 구동 장치가 등장하였다. 초음파장 구동 장치는 크게 스탠딩웨이브를 이용하거나, 단일 방향으로 진행하는 초음파의 페이스 차이를 이용하여 마이크로로봇을 제어하는 방법으로 구분된다.
- [6] 먼저, 스탠딩웨이브는 복수의 초음파 트랜스듀서를 이용해 초음파를 중첩시키거나 또는, 초음파 트랜스듀서와 반사체 (Reflector)를 이용해 반사된 초음파를 중첩시켜 형성시킨다. 스탠딩웨이브가 형성되면 그 영역 내의 압력이 낮은 영역 (음향포텐셜이 낮은 영역), 즉 압력 노드로 음향 방사력이 발생하게 되고, 주변에 퍼져있던 마이크로로봇들은 그 압력 노드로 포집되게 된다. 스탠딩웨이브 음향장 내에 포집된 마이크로로봇은 그 압력노드의 위치를 변경함으로써 같이 따라서 이동하게 되는데, 이 때, 사용하는 방법은 주파수 제어, 페이스 제어 두 가지가 존재한다. 주파수를 변경할 경우 스탠딩웨이브는 그 주파수에 맞게 재 생성되며, 그 주파수의 반파장 간격으로 존재하던 노드의 위치 또한 변경된다. 마이크로로봇은 변경된 노드의 위치로 재 포집되며 이동 제어가 가능해진다. 페이스에 차이를 주는 방법은 마주보고 있는 두 초음파

트랜스듀서의 페이스를 동시에 변경함으로써, 노드의 위치와 포집된 파티클의 이동 제어가 가능하다.

- [7] 다만, 초음파 트랜스듀서 배치를 이용한 경우, 인체에 사용 시 뼈와 같은 장애물이 있을 시 투과 및 적용을 불가하고, 반사체를 이용하는 경우, 매질 및 반사 벽의 상태에 따라 정반사 및 난반사가 이루어져 안정적인 스탠딩웨이브의 생성에 한계가 존재하는 문제가 있다. 단일 매질 상에서 종래의 구동 시스템은 스탠딩웨이브를 이용하여 마이크로로봇의 움직임은 구현할 수는 있으나, 매질이 일정하지 않은 인체에 적용할 경우 스탠딩웨이브 생성에 있어서 문제점이 존재한다. 인체 내부에서 초음파 진행시 뼈에서 발생하는 반사 현상 때문에 초음파 트랜스듀서의 배치를 통한 스탠딩웨이브의 형성은 한계가 있다. 또한 체내의 매질 변화에서 발생하는 반사파를 이용해 스탠딩웨이브를 형성하는 방법 또한, 매질 및 반사 벽의 상태에 따라 정반사 및 난반사가 이루어져 안정적인 스탠딩웨이브 영역을 생성하는데 어려움이 존재한다.
- [8] 단일 방향 초음파 트랜스듀서 배열을 이용한 구동 시스템은 초음파 트랜스듀서 배치 및 구조적 형상 이용을 이용하여 포집을 위한 초점영역을 형성하고, 포집 후 스테이지 및 페이스 제어를 통해 마이크로로봇을 제어하는 방식이다. 단일 방향 구동 시스템의 경우 일반적으로 초음파를 집속시켜 초점영역을 형성시킨다. 종래 단일 방향 초음파 트랜스듀서 배열을 이용한 구동 시스템에서 초음파를 집속시키는 방법에는 구조적인 초음파 트랜스듀서의 형상을 이용한 방법이 사용되고 있다. 다만, 구조적 형상을 통한 집속과 같은 경우 초점의 위치가 기계적으로 설계되어 제작되기 때문에 고정적이며, 마이크로로봇을 구동하기 위해서는 초점영역에 포집된 마이크로로봇을 움직이기가 어려운 문제점이 있다. 또한, 초음파 트랜스듀서가 배치되어 있는 곳에서만 마이크로로봇의 포집 또는 구동이 가능하며, 배치의 구조적 특성에 따라 마이크로로봇의 제어 반경이 보다 더 제한될 수 있다.
- [9] 음파는 매질의 진동을 통해 진행되는 성질을 갖고 있다. 그렇기 때문에 서로 다른 두 매질을 음파가 통과한다고 했을 때, 각 매질이 갖고 있는 고유한 음향저항(밀도 X 소리의속도)에 따라 투과율이나 반사율이 다르게 발생한다. 서로 다른 두 매질의 음향저항 차이가 작을 경우, 반사율이 작고, 투과율이 높아 초음파 진행에 큰 무리가 없지만, 차이가 클 경우 음파의 대부분은 반사되어 낮은 투과율을 가져가게 된다. 즉, 외부에서 발생하는 초음파를 중간 매개체 없이 공기를 통해 인체로 전달할 경우 공기와 인체 조직의 커다란 음향저항의 차이에 의해 많은 양이 공기 중에서 반사하게 되며, 이는 초음파 구동의 핵심인 마이크로로봇 포집에 있어서 충분한 힘을 발생시키지 못할 것이다.
- [10] 따라서 근래에는 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법이 강구되고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [11] 본 발명의 목적은 단일방향 초음파 트랜스듀서 배열을 이용하여 마이크로로봇을 공간 내에서 정밀하게 제어하는 구동 장치 및 이를 이용한 시스템을 제안하는데 있다.
- [12] 구체적으로, 본 발명에 따른 단일방향 초음파 트랜스듀서 배열을 이용하여 마이크로로봇을 공간 내에서 정밀하게 제어하는 구동 장치 및 이를 이용한 시스템은 초음파 트랜스듀서가 배치되어 있는 곳에서만 마이크로 로봇의 포집 또는 구동이 가능한 종래의 문제를 해결하고, 매질 간 음향저항의 차이가 큰 경우에도 반사율을 줄여 초음파 구동을 위한 마이크로 로봇 포집이 원활하게 수행될 수 있는 방법을 제안하는데 있다.

과제 해결 수단

- [13] 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동시스템은 대상 (subject)의 내부에 주입된 마이크로로봇; 및 상기 마이크로로봇의 위치를 제어하는 마이크로로봇 구동장치;를 포함할 수 있다.
- [14] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동장치는 복수의 초음파 트랜스듀서를 포함하는 초음파 트랜스듀서부; 및 상기 복수의 초음파 트랜스듀서를 제어하는 제어부;를 포함하고, 상기 복수의 초음파 트랜스듀서는 공간 상 특정 위치를 향하도록 굴곡면을 형성하도록 배열되고, 상기 제어부는 상기 복수의 초음파 트랜스듀서에 포함되는 각각의 초음파 트랜스듀서에 초점의 위치를 변경하기 위해 시간 차이를 두어 신호를 인가하고, 상기 초점은 상기 초음파 트랜스듀서부를 기준으로 마이크로로봇이 위치하는 수직방향의 높이를 나타내는 것을 특징으로 한다.
- [15] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동장치는 상기 초음파 트랜스듀서부와 동일한 평면 상 내 위치 조절을 위한 모터 스테이지부를 더 포함하고, 상기 제어부는 상기 모터 스테이지부를 제어하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [16] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동장치는 액체의 매질을 포함하는 인터페이스를 더 포함하고, 상기 인터페이스는 상기 마이크로로봇 구동장치와 상기 마이크로로봇이 위치한 공간 사이 위치하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [17] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동장치의 복수의 초음파 트랜스듀서는 $360^\circ/n$ (n 은 2 이상의 정수)의 중심각을 갖는 부채꼴 형상의 n 개의 영역으로 분할되어, 인접한 영역 간의 페이스 차이가 $2\theta/n$ 씩 순차적으로 증가하거나 또는 감소하도록 설정되어 구동된다.

발명의 효과

- [18] 본 발명의 단일방향 초음파 트랜스듀서 배열을 이용하여 마이크로로봇을 정밀하게 제어하는 구동 장치 및 이를 이용한 시스템은 마이크로 로봇을

포집해서 이동 가능하고, 그로 인한 마이크로 로봇의 타겟팅 및 약물전달의 효율을 향상시킬 수 있다. 또한, 전자기장 구동 장치에 비해 시스템의 소형화 및 경량화가 가능하고, 상대적으로 전력 사용량이 낮다. 또한, 의료용 초음파 프로브와의 호환성, 초음파 진단 프로브를 같이 사용해서 이미징과 구동을 같이 실행 가능함에 따라 정밀한 제어가 용이하다.

도면의 간단한 설명

- [19] 도 1은 본 발명의 일 실시예로서, 단일 방향 초음파 트랜스듀서 배열을 이용한 마이크로 로봇의 이동을 제어하는 구동 장치를 나타낸 도면이다.
- [20] 도 2는 본 발명의 일 실시예로서, 복수의 초음파 트랜스듀서에 대한 배열의 일례를 나타낸 도면이다.
- [21] 도 3은 본 발명의 일 실시예로서, 초음파 트랜스듀서부 내 배열된 초음파 트랜스듀서에 페이스 차이가 부여된 영역의 일례를 나타낸 도면이다.
- [22] 도 4는 본 발명의 일 실시예로서, 4개의 영역으로 나뉜 복수의 초음파 트랜스듀서들에 페이스 차이를 $\pi/2(90^\circ)$ 만큼 준 경우, 음향장을 분석한 예를 나타낸 도면이다.
- [23] 도 5a는 본 발명의 일 실시예로서, 시간 딜레이를 통해 포집된 마이크로로봇의 이동을 제어하는 방법의 일례를 나타낸 도면이다.
- [24] 도 5b는 초음파 트랜스듀서가 평면상으로 배치된 경우의 예를 나타내며, 시간 딜레이를 통한 페이스 차이 부여의 개념도를 나타낸다.
- [25] 도 6은 본 발명의 일 실시예로서, 시간 딜레이를 통한 페이스 차이를 부여하여 마이크로 로봇과 초음파 트랜스듀서 간 거리를 제어하는 시뮬레이션 결과를 나타내는 도면이다.
- [26] 도 7은 초음파 구동의 기초 실험검증을 위한 실험 설정 사진이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [27] 복수의 초음파 트랜스듀서를 포함하는 초음파 트랜스듀서부; 및 상기 복수의 초음파 트랜스듀서를 제어하는 제어부;를 포함하고, 상기 복수의 초음파 트랜스듀서는 공간 상 특정 위치를 향하도록 굴곡면을 형성하도록 배열되고, 상기 제어부는, 상기 복수의 초음파 트랜스듀서에 포함되는 각각의 초음파 트랜스듀서에 초점의 위치를 변경하기 위해 시간 차이를 두어 신호를 인가하고, 상기 초점은 상기 초음파 트랜스듀서부를 기준으로 마이크로로봇이 위치하는 수직방향의 높이를 나타내는 것을 특징으로 하는, 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동장치.

발명의 실시를 위한 형태

- [28] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시 형태를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부된 도면과 함께 이하에 개시될 상세한 설명은 본 발명의 예시적인 실시형태를 설명하고자 하는 것이며, 본 발명이 실시될 수 있는 유일한 실시형태를 나타내고자 하는 것이 아니다.

- [29] 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전히 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [30] 몇몇의 경우, 본 발명의 개념이 모호해지는 것을 피하기 위하여 공지의 구조 및 장치는 생략되거나, 각 구조 및 장치의 핵심기능을 중심으로 한 블록도 형식으로 도시될 수 있다. 또한, 본 명세서 전체에서 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용하여 설명한다.
- [31] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함 (comprising 또는 including)"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [32] 또한, 명세서에 기재된 "...부"의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 나아가, "일 (a 또는 an)", "하나 (one)", 및 유사 관련어는 본 발명을 기술하는 문맥에 있어서 본 명세서에 달리 지시되거나 문맥에 의해 분명하게 반박되지 않는 한, 단수 및 복수 모두를 포함하는 의미로 사용될 수 있다.
- [33] 아울러, 본 발명의 실시예들에서 사용되는 특정 용어들은 본 발명의 이해를 돕기 위해서 제공된 것이며, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 이러한 특정 용어의 사용은 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위에서 다른 형태로 변경될 수 있다.
- [34] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시 형태를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부된 도면과 함께 이하에 개시될 상세한 설명은 본 발명의 예시적인 실시형태를 설명하고자 하는 것이며, 본 발명이 실시될 수 있는 유일한 실시형태를 나타내고자 하는 것이 아니다.
- [35] 단일 방향 초음파 트랜스듀서 배열을 이용한 구동 시스템은 초음파 트랜스듀서 배치 및 구조적 형상 이용을 이용하여 포집을 위한 초점영역을 형성하고, 포집 후 스테이지 및 페이스 제어를 통해 마이크로로봇을 제어하는 방식이다.
- [36] 단일 방향 구동 시스템의 경우 일반적으로 초음파를 집속시켜 초점영역을 형성시킨다. 집속시키는 방법에는 구조적인 초음파 트랜스듀서의 형상을 이용한 방법과 다수의 초음파 트랜스듀서의 배치를 통한 방법이 사용되고 있다. 구조적 형상을 통한 집속과 같은 경우 초점의 위치가 기계적으로 설계되어 제작되기 때문에 고정적이며, 초점의 위치를 변경하기 위해 추가적인 시스템을 추가적으로 이용해야 한다.
- [37] 따라서, 본 발명에서는 초음파 트랜스듀서 배열을 통해 초음파를 집속시켜 각 초음파 트랜스듀서의 페이스 제어를 통해 추가적인 시스템 없이 초점의 위치를 조절하는 것이 가능한 마이크로로봇 구동 장치 및 이를 이용한 마이크로로봇

구동 시스템에 대해 설명하도록 한다.

- [38] 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동시스템은 피검체의 내부를 이동하는 마이크로로봇 및 마이크로로봇의 위치를 제어하는 마이크로로봇 구동장치를 포함하여 구성될 수 있다.
- [39] 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로로봇은 초음파 트랜스듀서를 이용한 구동 장치에 의해 이동이 제어되는 모든 물체를 의미하며, 단일 성분의 고형 입자 및 유체 내 기포 입자도 포함될 수 있는 광의적 의미로 해석되어야 한다.
- [40] 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로로봇은 특정 방법으로 제조되거나 특정 성분을 포함할 필요가 없다. 이는 본 발명의 초음파 구동이 갖는 장점으로, 본 발명의 구동시스템을 이용하면 제어 대상의 종류나 성분에 상관없이 포집이 가능하다. 구체적으로 예를 들면, 작은 챔버 속에서 초음파에 의해 스탠딩웨이브가 형성될 경우, 단백질, 핵산, 적혈구, 생체적합성 고분자, 화학약물을 비롯한 다양한 입자들을 제한 없이 포집할 수 있다. 뿐만 아니라, 음향방사력 식에 의하면 높은 압축성을 갖는 유체 내 공기방울까지도 압력노드가 아닌 압력이 높게 형성되는 안티노드에 포집할 수 있어, 다양한 유체 내 기포들도 제한 없이 포집이 가능하다는 특징이 있다. 음향 방사력의 특성상 어떠한 재질의 파티클이라도 음향장 내 매질보다 밀도가 높다면, 본 발명의 트랜스듀서 시스템 및 페이스 제어방식으로 포집이 가능하다. 본 발명의 마이크로로봇, 즉 포집 대상 입자는 초음파 구동에 사용하는 주파수의 파장보다 작은 직경의 입자인 것이 바람직하며, 일반적으로 입자의 직경이 반파장보다 작은 경우 안정적인 포집이 가능하다. 구체적인 일례로서, 트랜스듀서에서 사용되는 초음파 파장보다 훨씬 작은 직경을 갖고 음향장의 유체 매질보다 높은 밀도를 갖는 나노입자 및 마이크로입자를 안정적으로 포집 할 수 있다.
- [41] 특히, 본 명세서에서 언급되는 파티클은 마이크로 로봇을 포함할 수 있다. 이하에서는, 본 발명의 초음파 트랜스듀서를 이용한 구동 장치에 의해 이동이 제어되는 마이크로 로봇은 초음파에 의해 구동력을 전달받을 수 있다.
- [42] 이하에서는 초음파 트랜스듀서를 이용한 파티클 구동 장치 및 이를 이용한 시스템에 대해 구체적으로 설명하도록 한다.
- [43] 도 1은 본 발명의 일 실시예로서, 단일 방향 초음파 트랜스듀서 배열을 이용한 마이크로 로봇의 이동을 제어하는 구동 장치를 나타낸 도면이다.
- [44] 도 1의 왼쪽 그림은 본 발명의 단일 방향 초음파 트랜스듀서 배열을 이용한 마이크로 로봇의 이동을 제어하는 구동 장치의 일례를 나타낸 것으로서, 단일 방향 초음파 트랜스듀서 배열을 이용한 마이크로 로봇의 이동을 제어하는 구동 장치는 배열된 초음파 트랜스듀서부(110), 모터 스테이지부(120), 인터페이스부(130) 및 제어부 중 적어도 하나를 포함하여 구성될 수 있다.
- [45] 도 1의 오른쪽 그림은 초음파 트랜스듀서부(110)를 나타낸 것이다. 초음파 트랜스듀서부(110)는 복수의 초음파 트랜스듀서(111)가 굴곡면 내 위치하여 초음파 트랜스듀서부 위의 특정 위치를 가리키도록 배열되어 초음파

트랜스듀서 어레이(112)를 형성할 수 있다. 또한, 초음파 트랜스듀서부 내 가운데는 이미지 구현을 위한 초음파 프로브(113)가 위치할 수 있다.

- [46] 도 1의 왼쪽 그림은 초음파 트랜스듀서부(110)와 더불어 평면 모터 시스템(120) 및 인터페이스(130)를 포함한 통합 초음파 트랜스듀서 구동장치를 나타낸 것이다. 가운데 초음파 트랜스듀서부(110)가 위치하고, 초음파 트랜스듀서부(110) 외곽에 모터 스테이지부(120)인 XY 평면 모터시스템이 위치할 수 있다. 그리고, 초음파 트랜스듀서부에 접촉 또는 일정한 거리를 두어 인터페이스(130)를 도포 또는 위치시킬 수 있다.
- [47] 인터페이스(130)는 초음파의 매질 변화에 따른 반사를 최소화하기 위한 것으로, 초음파 트랜스듀서 구동장치 또는 시스템과 인체 사이 접촉 매개체 역할을 위해 사용된다. 인터페이스(130)는 인체의 조직과 유사한 실리콘과 같은 재질을 이용하며, 인터페이스 내부에는 초음파 검사 시 바르는 젤과 같은 액체의 매질을 채워 넣어 초음파 트랜스듀서와 인터페이스 사이의 공기층을 제거한다. 실리콘 겉면은 젤을 발라 인체와 접촉시켜 초음파 진행 중 매질변화로 인한 반사효과를 최소화할 수 있다.
- [48] 제어부는 단일 방향 초음파 트랜스듀서 배열을 이용한 마이크로 로봇의 이동을 제어하는 구동 장치 내 포함된 초음파 트랜스듀서부(110), 모터 스테이지부(120), 인터페이스(130) 중 적어도 하나를 제어하기 위한 명령 또는 신호를 각 모듈 또는 부에 전송하거나 각 모듈 또는 부로부터 수집된 신호 또는 정보를 수신하여 처리할 수 있다.
- [49] 제어부가 단일 방향 초음파 트랜스듀서 배열을 이용한 마이크로 로봇의 이동을 제어하는 구동 장치 내 모듈 또는 부를 제어하는 일례로, 초음파 트랜스듀서부(110) 내 각 초음파 트랜스듀서(111)의 페이스 제어를 통해 마이크로 로봇의 Z축 구동을 제어하고, 모터 스테이지부(120)를 통해 XY 평면 (초음파 트랜스듀서의 최외곽 면과 평행하는 평면) 상에서 마이크로 로봇을 구동함으로써, 통합적으로 3차원 구동을 구현시킨다.
- [50] 도 2는 본 발명의 일 실시예로서, 복수의 초음파 트랜스듀서에 대한 배열의 일례를 나타낸 도면이다.
- [51] 도 2에 도시된 바와 같이 초음파 트랜스듀서(111)들을 굴곡이 있는 구조로 배열되어 구성될 수 있다. 복수의 초음파 트랜스듀서(111)들은 복수의 초음파 트랜스듀서(111)들이 특정 위치를 가리키도록 배열될 수 있다. 복수의 초음파 트랜스듀서(111)들이 가리키는 특정 위치는 초음파 트랜스듀서들 위의 공간 상의 위치일 수 있다.
- [52] 구조적인 특성에 의해 초음파는 집속되어 초점영역이 형성되며, 각각의 초음파 트랜스듀서(111)의 페이스 제어 방법을 통해 음향장의 특징이 결정된다. 초음파 트랜스듀서(111)에 시간 딜레이 (시간 차이)를 주어 신호를 줄 경우 페이스에 차이를 부여할 수 있으며, 이를 통해 구조적으로 설정된 초점의 위치를 변경할 수 있다. 본 발명에서는, 초점의 위치를 초음파 트랜스듀서 배열의 수직방향으로

변경시키는 데에 중점적으로 사용한다. 페이스 제어를 통한 초점의 위치를 변경하는 실시예에 대해서는 차후 도 5a 및 도 6을 이용하여 설명하도록 한다.

[53] 도 3은 본 발명의 일실시예로서, 초음파 트랜스듀서부 내 배열된 초음파 트랜스듀서에 페이스 차이가 부여된 영역의 일례를 나타낸 도면이다.

[54] 도 3에 도시된 바와 같이 초음파 트랜스듀서 배열을 위에서 보았을 때, 각 영역에 페이스 차이를 줌으로써 마이크로 로봇을 포집할 수 있는 초음파 음향장의 형성이 가능하다.

[55] 구체적으로, 복수의 초음파 트랜스듀서는 $360^\circ/n$ (n 은 2 이상의 정수)의 중심각을 갖는 부채꼴 형상의 n 개의 영역으로 분할되어, 인접한 영역 간의 페이스 차이가 $2\delta/n$ 씩 순차적으로 증가하거나 또는 감소하도록 설정하여 초음파 음향장을 형성시킬 수 있다.

[56] 구체적인 일례로서, 도 3의 왼쪽 도면은 복수의 초음파 트랜스듀서들을 2개의 영역으로 나누고, 페이스 차이를 2개의 각 영역에 δ (180°) 만큼 주는 경우를 나타낸다. 2개의 각 영역에 δ (180°) 만큼 페이스 차이를 줄 경우 압력이 높게 형성된 좌우 영역에서 가운데로 밀어주는 음향방사력이 강하게 발생한다.

[57] 구체적인 일례로서, 도 3의 오른쪽 도면은 복수의 초음파 트랜스듀서들을 4개의 영역으로 나누고, 페이스 차이를 4개의 각 영역에 $\delta/2$ (90°) 만큼 주는 경우를 나타낸다. 4개의 영역에 $\delta/2$ 간격으로 부여할 경우 회오리와 같이 음향장이 형성되며, 압력이 강한 주변 영역에서 가운데 방향으로 음향방사력이 발생한다.

[58] 도 4는 본 발명의 일실시예로서, 4개의 영역으로 나뉜 복수의 초음파 트랜스듀서들에 페이스 차이를 $\delta/2$ (90°) 만큼 준 경우, 음향장을 분석한 예를 나타낸 도면이다.

[59] 복수의 초음파 트랜스듀서들을 4개의 영역으로 나누고, 페이스 차이를 4개의 각 영역에 $\delta/2$ (90°) 만큼 주는 경우, 초점에서 먼 주변 영역의 압력이 초점과 가까운 초점 영역 보다 압력이 높아 회오리 방향의 음향장이 형성되며, 초점 영역으로 음향 방사력이 발생한다. 이에 따라, 도 4에 도시된 바와 같이 마이크로 로봇은 음향장 내 압력이 낮은 초점영역에 포집될 것이다. 도 4의, 위에서 볼 경우 빨강게 표시된 가운데에 존재하는 압력이 낮은 곳에 마이크로 로봇이 포집될 것이다.

[60] 상술한 바에 따라, 복수의 초음파 트랜스듀서를 $360^\circ/n$ (n 은 2 이상의 정수)의 중심각을 갖는 부채꼴 형상의 n 개의 영역으로 분할하여, 인접한 영역 간의 페이스 차이가 $2\delta/n$ 씩 순차적으로 증가하거나 또는 감소하도록 설정하여 초음파 음향장을 형성시키고, 이에 더해 트랜스듀서부의 중심으로부터 각 트랜스듀서의 거리에 따라 시간 딜레이를 부여하여 파티클이 포집되는 위치인 초점의 z 축 방향 이동을 제어할 수 있다.

[61] 도 5a는 본 발명의 일실시예로서, 시간 딜레이를 통해 포집된 파티클의 이동을 제어하는 방법의 일례를 나타낸 도면이다.

- [62] 도 5a에 도시된 바와 같이, 제어부는 각 초음파 트랜스듀서(111)에 인가되는 신호의 시간 딜레이를 통해 포집된 파티클과 초음파 트랜스듀서 간 거리를 제어할 수 있다. 초점 또는 초점영역은 마이크로로봇이 군집한 위치를 나타낼 수 있다. 초점 또는 초점영역과 초음파 트랜스듀서 간의 거리는 페이스 차이를 통해 제어할 수 있다. 그리고, 페이스 제어는 각각의 초음파 트랜스듀서에 보내는 신호의 시간 딜레이를 통해 이루어질 수 있다.
- [63] 시간 딜레이는 트랜스듀서에 가해지는 인가 신호의 페이스차이를 발생시키기 위한 것으로, 단순히 시간 딜레이만을 다르게 설정함에 따라 초점의 위치가 변하는 것이 아니다. 사인파 (Sine-wave)를 인가 신호로 주고, 신호의 한 주기가 2δ 의 페이스로 이루어져 있을 때, 시간 딜레이를 통해 인가신호의 페이스를 2δ 내로 변경시켜 줄 경우 도 5a와 같이 초점의 위치 변화를 제어할 수 있다.
- [64] 도 5b는 평면상에 트랜스듀서를 배치할 경우를 예시적으로 나타낸 도면으로서, 트랜스듀서가 도 5a와 같이 굴곡이 있게 배치될 경우, 도 5b에 나타낸 바와 같이 페이스 차이를 준다면, 초점이 형성된 상태에서 더욱 모아주는 효과가 발생하므로, 초점은 아래쪽에 형성된다. 또한, 도 5a와 같이 바깥쪽으로 갈수록 시간딜레이를 줄 경우, 초점은 위로 올라가게 된다.
- [65] 예를 들어, 도 5a에 나타낸 바와 같이 복수의 초음파 트랜스듀서(111) 어레이 중 가운데에 위치한 초음파 트랜스듀서에 대한 신호 인가 시간과 외곽에 위치한 초음파 트랜스듀서에 대한 신호 인가 시간 간 차이 (시간 딜레이)가 짧게 부여될수록 초음파 트랜스듀서와 초점영역 사이의 거리는 가까워진다. 반대로, 복수의 초음파 트랜스듀서 배열에서 외곽에 위치한 초음파 트랜스듀서에 대한 신호 인가 시간과 가운데에 위치한 초음파 트랜스듀서에 대한 신호 인가 시간 간 차이가 커서 시간 딜레이가 길게 부여될수록 초점영역과 초음파 트랜스듀서와의 거리는 점점 멀어진다.
- [66] 도 6은 본 발명의 일 실시예로서, 시간 딜레이를 통한 페이스 차이를 부여하여 마이크로 로봇과 초음파 트랜스듀서 간 거리를 제어하는 시뮬레이션 결과를 나타내는 도면이다.
- [67] 시뮬레이션에서는 초음파 트랜스듀서의 배열 시스템은 약 15cm 직경을 가정하였으며, 도 6에서 연속된 3개의 도안들은 각각 2개의 영역 (페이스 차이 δ), 4개의 영역 (페이스 차이 $\delta/2$)으로 페이스 차이를 부여한 후 추가적인 페이스 제어를 통해 초점의 변화를 확인한 시뮬레이션 결과이다.
- [68] 음향장 내 초점 영역의 페이스 제어를 통한 초점영역의 상하 제어 검증은 시뮬레이션 결과를 통해 확인할 수 있다. 도 6의 위 3개의 이미지는 페이스 차이를 2개의 영역에 δ 간격으로 부여한 경우이며, 아래 3개의 이미지는 4개의 영역에 $\delta/2$ 만큼의 페이스 차이를 부여한 경우이다. 이에 따르면 페이스 제어를 통해 마이크로 로봇이 포집되는 초점영역의 위치제어가 가능한 것을 볼 수 있다.
- [69] 초점을 위한 페이스 차이의 부여가 없을 시, 도 6의 가운데 그림 (Normal)과 같이 초점을 형성하게 된다. 상기 설명한 바와 같이, 가운데가 움푹 파인 굴곡

구조로 초음파 트랜스듀서를 배치하게 되면, 구조적인 영향에 의해 각 초음파 트랜스듀서에 페이스 차이를 부여하지 않아도 가운데서 초점이 형성이 된다. 물론 마이크로 로봇을 포집하기 위해서 압력이 낮은 영역을 형성하려면 페이스 차이가 부여되어야 한다.

- [70] 도 6의 왼쪽 그림 (Down)에 도시된 바와 같이, 가운데 초음파 트랜스듀서에서 가장자리 초음파 트랜스듀서로 갈수록 신호에 시간 딜레이를 많이 주거나, 페이스를 빼줄 경우 초점은 가운데 그림 (Normal)에서의 초점보다 아래에서 형성된다.
- [71] 반대로 도 6의 오른쪽 그림 (Up)에 도시된 바와 같이, 가운데 초음파 트랜스듀서에서 가장자리 초음파 트랜스듀서로 갈수록 시간 딜레이를 적게 주거나, 페이스를 더해줄 경우 초점은 가운데 그림 (Normal)에서의 초점보다 위에 형성되게 된다.
- [72] 상기 도 5a와 도 6를 통해서 초음파 트랜스듀서를 기준으로 위아래 (Z축)로 마이크로 로봇의 이동을 제어하는 방법에 대해 설명하였다. 이하에서는, Z축 이동에 더불어 복수의 초음파 트랜스듀서들과 평행한 평면 (XY평면) 내 이동과 초음파 매질 변화에 따른 반사를 최소화하는 인터페이스를 더한 마이크로 로봇 구동장치에 대해서 설명하도록 한다.
- [73] 이하에서는 도 7을 통해 단일 방향 초음파 트랜스듀서 배열을 이용한 마이크로 로봇의 이동을 제어하는 구동 장치 통한 실험 내용을 설명하여 본 발명의 효과를 설명하도록 한다.
- [74] 도 7은 초음파 구동 시스템의 실 구현예를 나타내는 사진이다.
- [75] 도 7에서 초음파 트랜스듀서부(110)와 모터 스테이지부(120)를 구현한 일례를 볼 수 있다.
- [76] 상술한 결과들을 통해 알아본 바와 같이, 본 발명의 단일 방향 초음파 트랜스듀서 배열을 이용한 마이크로 로봇의 이동을 제어하는 구동 장치는 초음파 트랜스듀서의 각 영역에 페이스 차이를 줌으로써 음향장을 형성하여 3차원 공간상에서 초점영역을 생성시켜 마이크로로봇들의 구동을 통해 액체의 매질이 채워져 있는 부위 (안구 등)에 대한 의료적 치료시술을 수행할 수 있다.
- [77] 또한, 본 발명에 따른 초음파 구동 시스템은 기존의 방향성과 추진성을 이용한 방법과는 다르게 다수의 마이크로 로봇을 포집해서 이동이 가능하다. 이는 마이크로 로봇을 구동 시 환부로의 타겟팅에 효과적이며 그로 인한 약물 전달의 효율을 향상시켜준다.
- [78] 또한, 각 초음파 트랜스듀서의 특성상 시스템의 소형화 및 경량화가 가능하며 전력 사용량도 낮게 유지된다. 이는 기존 마이크로 로봇 구동 시스템에 비해 저렴하다는 장점을 갖고 있다.
- [79] 본 발명을 통해 적용되는 마이크로, 나노로봇 및 입자들은 단일방향의 초점영역을 형성시키는 초음파 트랜스듀서 배열 시스템과 2축 모터 시스템을 통해 매질 내에서 평면상 2차원 제어가 가능하고, 초음파의 위상 제어에 따른

초점의 위치제어를 통해 3차원 운동을 유도할 수 있다.

- [80] 또한, 현재 병원에서 사용중인 진단용 초음파 프로브를 같이 이용해서 마이크로 로봇의 이미지 및 영상을 확보할 수 있으며, 이를 통해 포집되거나 주변에 위치하는 입자들을 확인하면서 이동 제어하는 것이 가능하다.
- [81] 본원 발명의 실시예들과 관련된 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상기 기재의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로, 개시된 방법들은 한정적인 관점이 아닌 설명적 관점에서 고려되어야 한다.
- [82] 본 발명의 범위는 발명의 상세한 설명이 아닌 특허청구 범위에 나타나며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.
- [83] [부호의 설명]
- [84] 110: 초음파 트랜스듀서부
- [85] 111: 초음파 트랜스듀서
- [86] 112: 초음파 트랜스듀서 어레이
- [87] 113: 초음파 프로브
- [88] 120: 모터 스테이지부
- [89] 130: 인터페이스부

산업상 이용가능성

- [90] 본 발명은 단일방향 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동장치 및 이를 이용한 시스템에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 특정 위치를 향하도록 배열된 단일방향 초음파 트랜스듀서를 포함하는 마이크로 로봇 구동 장치를 이용하여 피검체 내 마이크로 로봇의 위치를 무선으로 제어하는 장치 및 시스템에 관한 것이다.

청구범위

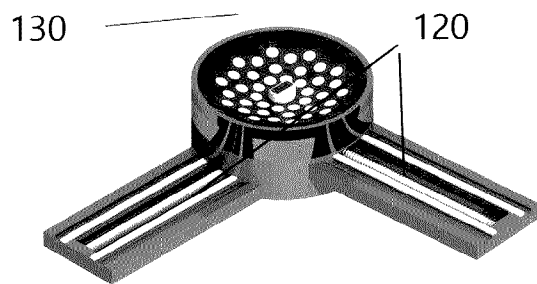
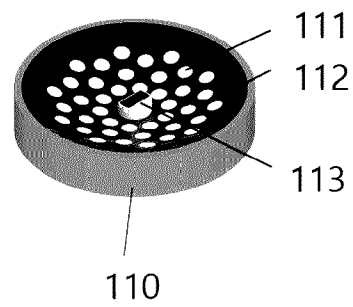
- [청구항 1] 복수의 초음파 트랜스듀서를 포함하는 초음파 트랜스듀서부; 및
상기 복수의 초음파 트랜스듀서를 제어하는 제어부;
를 포함하고,
상기 복수의 초음파 트랜스듀서는 공간 상 특정 위치를 향하도록
굴곡면을 형성하도록 배열되고,
상기 제어부는 상기 복수의 초음파 트랜스듀서에 포함되는 각각의
초음파 트랜스듀서에 초점의 위치를 변경하기 위해 시간 차이를 두어
신호를 인가하고,
상기 초점은 상기 초음파 트랜스듀서부를 기준으로 마이크로로봇이
위치하는 수직방향의 높이를 나타내는 것인, 초음파 트랜스듀서를
이용한 마이크로로봇 구동장치.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇
구동장치는 초음파 트랜스듀서부와 동일한 평면 상 내 위치 조절을 위한
모터 스테이지부;를 더 포함하고,
상기 제어부는 상기 모터 스테이지부를 제어하는 것인,
초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동장치.
- [청구항 3] 제2항에 있어서, 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동장치는
액체 매질을 포함하는 인터페이스를 더 포함하고,
상기 인터페이스는 상기 마이크로로봇 구동장치와 마이크로로봇이
위치한 공간 사이에 위치하는 것인,
초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동장치.
- [청구항 4] 제1항에 있어서, 상기 복수의 초음파 트랜스듀서는 $360^\circ/n$ (n 은 2 이상의
정수)의 중심각을 갖는 부채꼴 형상의 n 개의 영역으로 분할되어, 인접한
영역 간의 페이스 차이가 $2\delta/n$ 씩 순차적으로 증가하거나 또는 감소하도록
설정되어 구동되는 것인, 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇
구동장치.
- [청구항 5] 대상 (subject)의 내부에 주입된 마이크로로봇; 및
상기 마이크로로봇의 위치를 제어하는 마이크로로봇 구동장치;
를 포함하고,
상기 마이크로로봇 구동장치는 복수의 초음파 트랜스듀서를 포함하는
초음파 트랜스듀서부 및 상기 복수의 초음파 트랜스듀서를 제어하는
제어부를 포함하고,
상기 복수의 초음파 트랜스듀서는 공간 상 특정 위치를 향하도록
굴곡면을 형성하도록 배열되고,
상기 제어부는 상기 복수의 초음파 트랜스듀서에 포함되는 각각의
초음파 트랜스듀서에 초점의 위치를 변경하기 위해 시간 차이를 두어

신호를 인가하고,

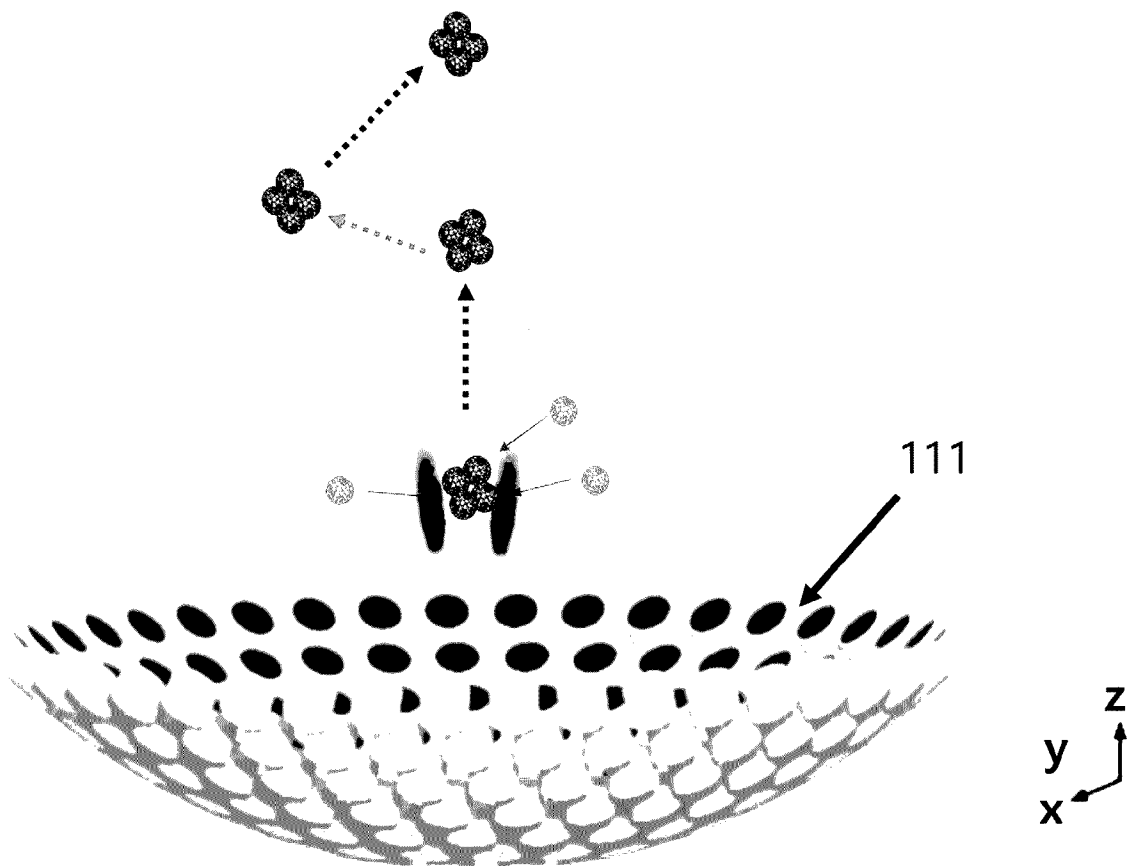
상기 초점은 상기 초음파 트랜스듀서부를 기준으로 마이크로로봇이 위치하는 수직방향의 높이를 나타내는 것인, 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동시스템.

- [청구항 6] 제5항에 있어서, 상기 마이크로로봇 구동장치는 상기 초음파 트랜스듀서부와 동일한 평면 상 내 위치 조절을 위한 모터 스테이지부를 더 포함하고, 상기 제어부는 상기 모터 스테이지부를 제어하는 것인, 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동시스템.
- [청구항 7] 제5항에 있어서, 상기 마이크로로봇 구동장치는 액체의 매질을 포함하는 인터페이스를 더 포함하고, 상기 인터페이스는 상기 마이크로로봇 구동장치와 상기 마이크로로봇이 위치한 공간 사이 위치하는 것인, 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동시스템.
- [청구항 8] 제5항에 있어서, 상기 복수의 초음파 트랜스듀서는 $360^\circ/n$ (n 은 2 이상의 정수)의 중심각을 갖는 부채꼴 형상의 n 개의 영역으로 분할되어, 인접한 영역 간의 페이스 차이가 $2\delta/n$ 씩 순차적으로 증가하거나 또는 감소하도록 설정되어 구동되는 것인, 초음파 트랜스듀서를 이용한 마이크로로봇 구동시스템.

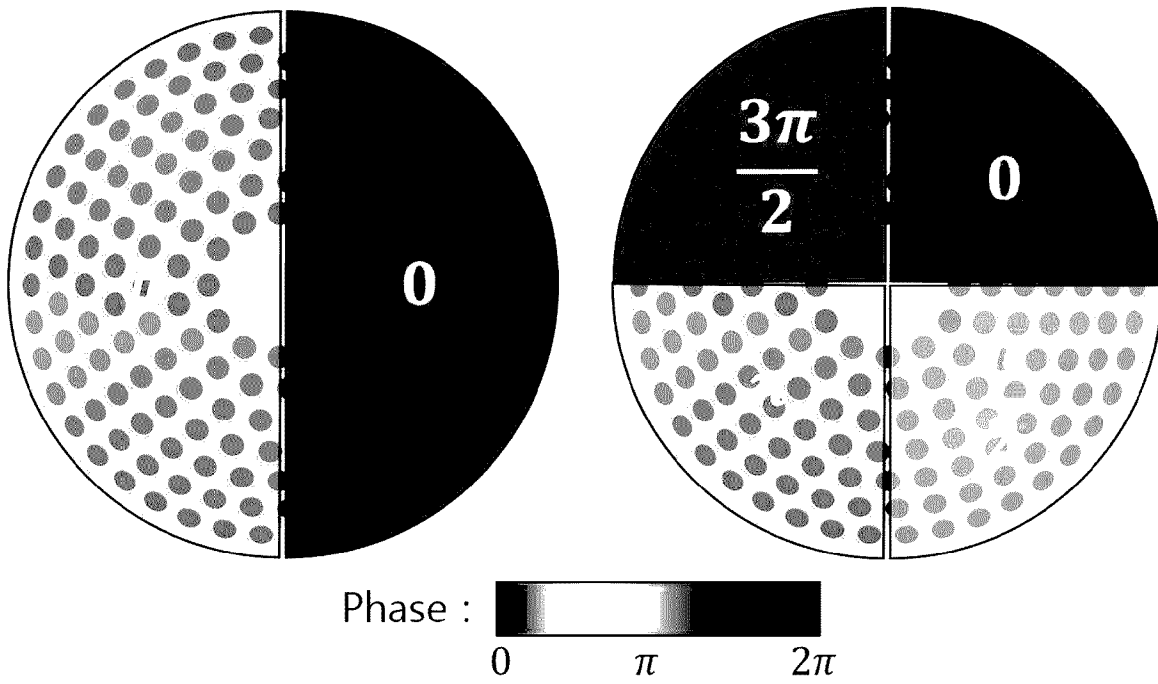
[도1]

2-Axis Motorized Ultrasonic Manipulation SystemUltrasonic Transducer Array System

[도2]

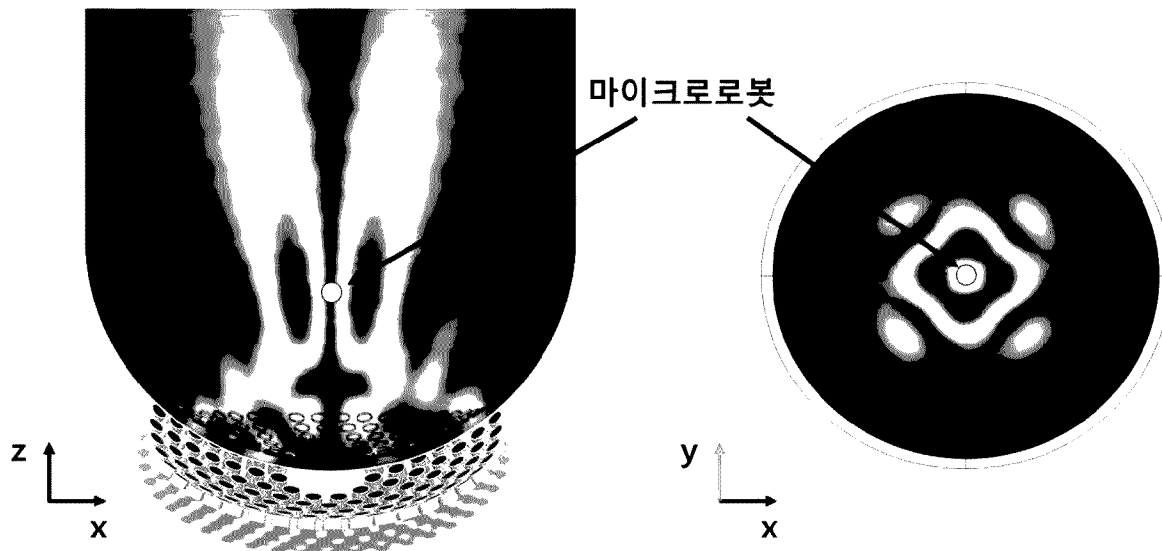


[도3]

Phase difference : π Phase difference : $\frac{\pi}{2}/Area$ 

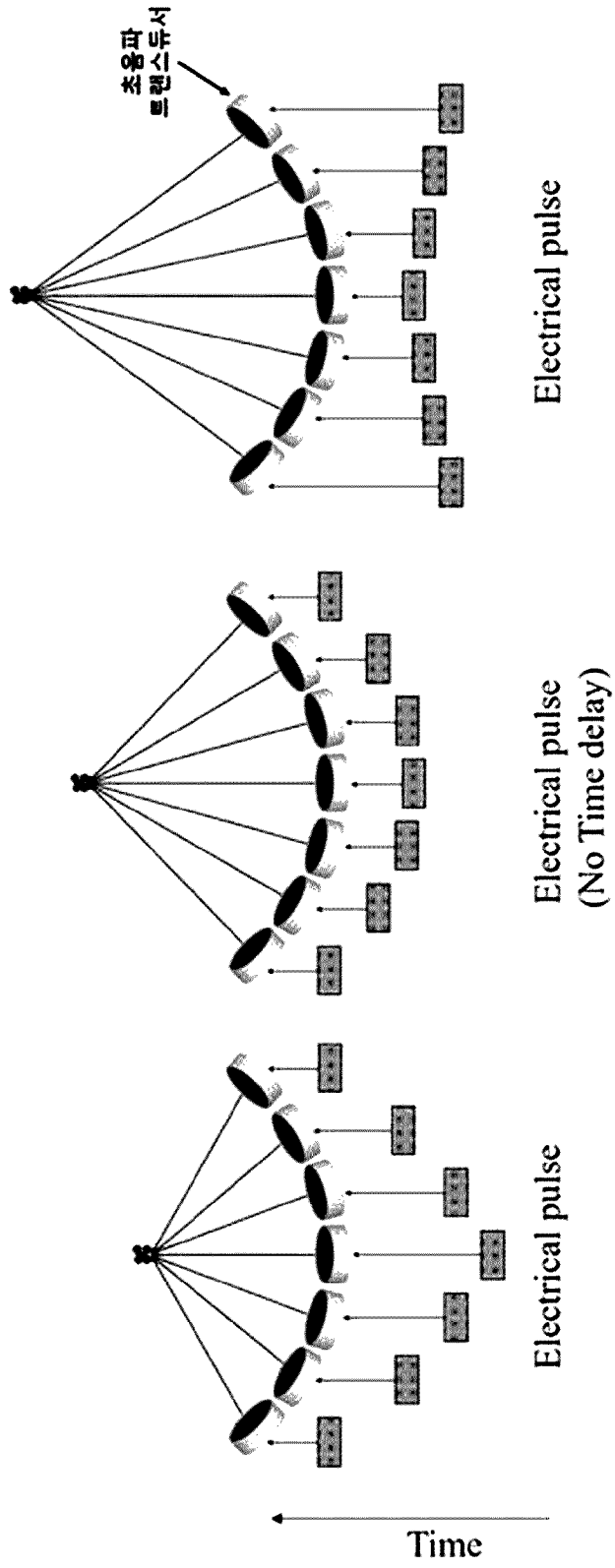
[도4]

Trapping 방법: Phase difference

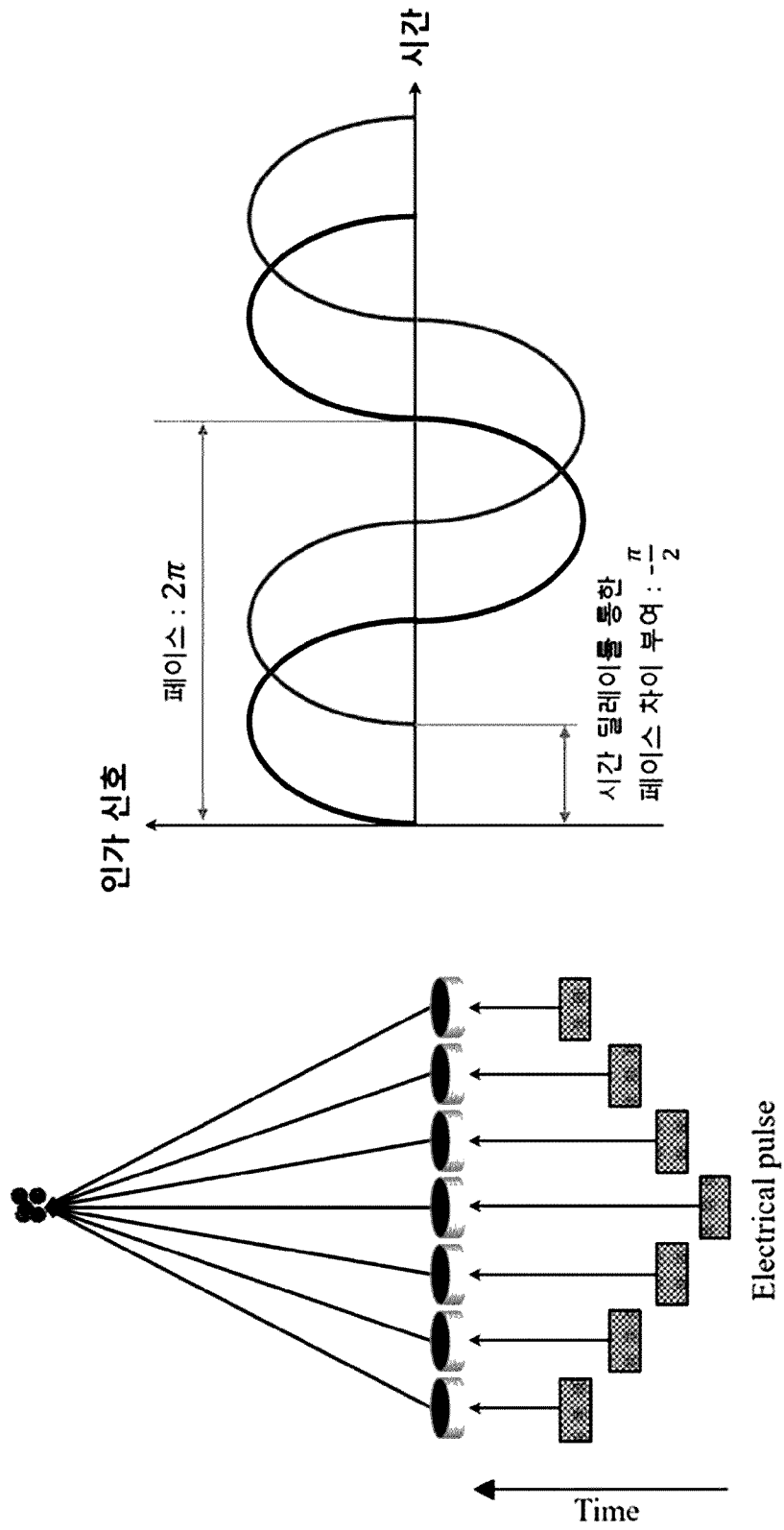


[도5a]

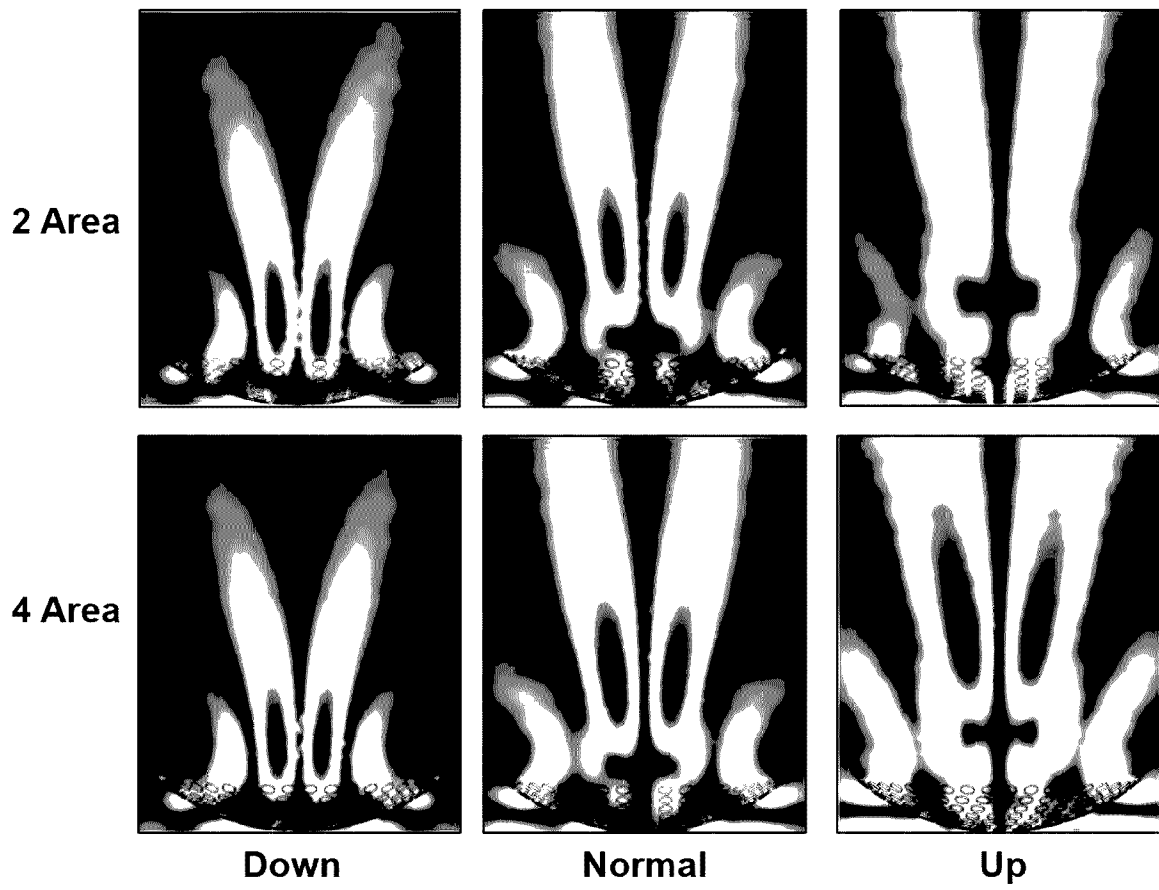
z축: 이동제어 방법



[도5b]



[도6]



[도7]

