



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0018233
(43) 공개일자 2018년02월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01L 3/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01L 3/502715 (2013.01)
B01L 3/502707 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0116705
(22) 출원일자 2016년09월09일
심사청구일자 2016년09월09일
(30) 우선권주장
1020160102883 2016년08월12일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
임채승
경기도 안양시 동안구 귀인로 294, 302동 804호 (평촌동, 꿈마을건영아파트)
남정훈
서울특별시 구로구 구로동로 148 (구로동)
(74) 대리인
특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 14 항

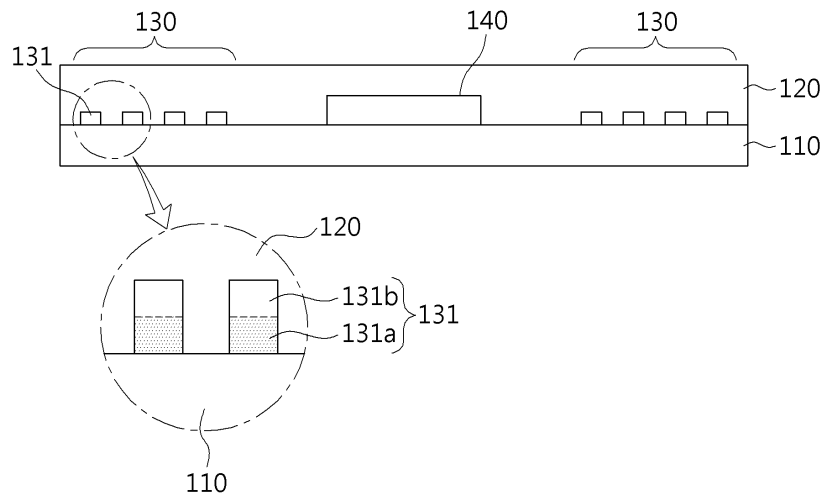
(54) 발명의 명칭 미세유체 소자 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은, 미세유체 소자 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 제1 기관층; 상기 제1 기관층의 적어도 일면에 형성된 제2 기관층; 및 상기 제1 기관층의 표면에 형성되고, 상기 제2 기관층 내에 내재된 복수개의 트랜스듀서(transducer);를 포함하고, 상기 트랜스듀서는, 전도성 미세유동 채널을 포함하는 미세유체 소자 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

본 발명은, 미세입자의 속성에 따라 탄성파의 제어가 가능하고, 고가의 장비와 복잡한 공정 절차 없이 제작이 가능한 탄성파 기관 미세유체 소자를 제공할 수 있다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

B01L 3/502753 (2013.01)
B01L 3/502761 (2013.01)
 B01L 2200/0652 (2013.01)
 B01L 2200/10 (2013.01)
 B01L 2300/12 (2013.01)
 B01L 2400/0436 (2013.01)
 B01L 2400/0493 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2016R1C1B1014991
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	개인연구지원
연구과제명	혈중 나노입자의 분리 및 농축을 위한 원천기술개발 및 그 응용
기 여 율	1/1
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2016.06.01 ~ 2017.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

제1 기관층;

상기 제1 기관층의 적어도 일면에 형성된 제2 기관층; 및

상기 제1 기관층의 표면에 형성되고, 상기 제2 기관층 내에 내재된 복수개의 트랜스듀서(transducer);
를 포함하고,

상기 트랜스듀서는, 전도성 미세유동 채널을 포함하는 것인, 미세유체 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전도성 미세유동 채널은, 전도성 채널층(electrically conducting channel layer)을 포함하고,

상기 전도성 채널층은, 상기 전도성 미세유동 채널의 일부분 또는 전체를 차지하는 전도성 물질을 포함하는 것인, 미세유체 소자.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 전도성 채널층은, 액상의 전도성 물질; 또는 전도성 물질을 포함하는 용액, 현탁액, 또는 페이스트; 를 포함하는 것인, 미세유체 소자.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 전도성 물질은, Ag, Pt, Au, Mg, Al, Zn, Fe, Cu, Ni 및 Pd의 금속입자; 무기 및 고분자 전해질; 인듐(In), 주석(Sn), 아연(Zn), 갈륨(Ga), 세륨(Ce), 카드뮴(Cd), 마그네슘(Mg), 베릴륨(Be), 은(Ag), 몰리브덴(Mo), 바나듐(V), 구리(Cu), 이리듐(Ir), 로듐(Rh), 루세늄(Ru), 텅스텐(W), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn), 알루미늄(Al), 및 란탄(La) 중에서 선택된 1종 이상을 포함하는 전도성 산화물 또는 이들의 합금; 및 탄소나노튜브, 탄소분말, 그래핀 및 흑연의 탄소물질; 로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함하는 것인, 미세유체 소자.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제1 기관층 상에 형성되고, 상기 제2 기관층 내에 내재된 제어대상 채널; 을 더 포함하고,

상기 제어대상 채널은, 제어대상 유체가 흐르는 미세유동 채널을 포함하는 것인, 미세유체 소자.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 기관은, 압전체 기관 또는 압전체 코팅층을 포함하는 플렉서블한 기관이고,

상기 압전체 기관 및 상기 압전체 코팅층은, α -AlPO₄(Berlinit), α -SiO₂(Quartz), LiTaO₃, LiNbO₃, SrxBayNb₂O₈, Pb₅-Ge₃O₁₁, Tb₂(MoO₄)₃, Li₂B₄O₇, Bi₁₂SiO₂O, Bi₁₂GeO₂, PZT(lead zirconate titanate), BTO(barium titanate), BFO(bismuth ferric oxide), PTO(platinum oxide), ZnO, CdS, GaN, AlN, VDF, ZnMgO, InN, GeTe, ZnSnO₃, KNbO₃, NaNbO₃, P(VDF-TrFe), P(VDFTeFe), TGS, PZT-PVDF, PZT-실리콘 러버, PZT-에폭시, PZT-발포폴리머, PZT-발포우레탄, 및 PVDF(polyvinylidene difluoride)로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함하는 것인, 미세유체 소자.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제2 기관층은, 광경화성 폴리머, 열경화성 폴리머 또는 이 둘을 포함하고,

상기 제2 기관층은, 투명 폴리머 기관인 것인, 미세유체 소자.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 트랜스듀서에 교류전압 신호의 입력을 위한 전압입력 단자; 를 더 포함하는 것인, 미세유체 소자.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 트랜스듀서는, 상기 전도성 미세유동 채널과 상기 제1 기관층이 상호작용하여 인가된 전기 에너지를 탄성파로 변환하고,

상기 탄성파는, 표면 탄성파 또는 벌크 탄성파인 것인, 미세유체 소자.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 미세유체 소자는, 상기 전도성 물질의 농도, 점성, 또는 주입량을 조절하여 인가된 전기 에너지 대비 탄성파의 변환 비율; 탄성파의 세기, 또는 탄성파의 파장을 제어하는 것인, 미세유체 소자.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 트랜스듀서는, 한 쌍 이상의 서로 마주보는 트랜스듀서 페어를 포함하고,

상기 트랜스듀서 페어는, 제어대상 채널을 중심으로 탄성파가 교차되도록 배치되는 것인, 미세유체 소자.

청구항 12

제1 기관을 준비하는 단계;

제2 기관의 트랜스듀서 영역 및 제어대상 채널 영역에 미세유동 채널 형태의 트렌치를 형성하는 단계;

상기 제1 기관의 일면에, 상기 제2 기관의 트렌치가 형성된 면을 배치시키는 단계;

상기 제1 기관과 제2 기관을 비가역적으로 접합하는 단계; 및

상기 트랜스듀서 영역에 형성된 미세유동 채널의 일부분 또는 전체를 전도성 물질로 채워 전도성 미세유동 채널을 형성하는 단계;

를 포함하는,

미세유체 소자의 제조방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 미세유동 채널 형태의 트렌치를 형성하는 단계는, 마스크 패턴에 의한 포토 리소그래피 또는 몰드 공법을 이용하는 것인, 미세유체 소자의 제조방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 배치시키는 단계 이전에, 상기 제1 기관, 상기 제2 기관 또는 이 둘의 적어도 일면에 플라즈마 표면처리하는 단계; 를 더 포함하는 것인, 미세유체 소자의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 미세유체 소자 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 미세유체 소자를 기반으로 랩온어칩(Lab on a Chip) 시스템에서 다양한 속성을 지닌 생물학적인 미세입자들을 제어하는 기술은 생물학적인 연구와 임상학적 응용분야에서 매우 중요한 역할을 한다. 예를 들어, 혈액이나 소변 및 침과 같은 생체유체에 존재하는 질환 세포나 다양한 바이러스 등에 대해서 선택적으로 대상입자를 분리한 다거나 희박하게 존재하는 대상입자를 농축하는 기술은 분석결과의 민감도나 정확도를 높일 수 있다.

[0003] 최근 표면 탄성파를 이용한 미세 액적 및 입자제어 기술에 관한 연구가 큰 주목을 받고 있다. 이 기술은 다른 기술과의 통합이 쉽고, 설계가 복잡하지 않으며, 미세입자의 다양한 물리적인 특성들을 이용할 수 있다. 단순히 구현할 수 있는 장치의 설계만으로도 생물학적인 입자에 무해한 조건에서 미세유동이나 입자들을 제어하거나 국부적으로 열을 제어할 수 있기 때문에 임상학적인 진단분야나 생화학적 연구를 위한 혼합, 분리, 농축 등이 요구되는 시료 전처리 기술의 개발에 활용되어 왔다.

[0004] 표면 탄성파를 생성하기 위해서는 전기적-기계적인 에너지가 상호 변환될 수 있는 압전 물질이 사용된다. 따라서 압전 물질에 전기적인 에너지를 가하면 이 물질은 기계적으로 수축 혹은 팽창이 일어날 수 있고, 그 반대로 기계적으로 수축 및 팽창되게 하였을 때 전기적인 에너지가 발생하게 된다. 표준 반도체 식각 공정으로부터 앞서 언급된 압전기관의 표면 위에 전기-기계에너지 변환기로서 손가락이 엇갈려 있는 형태의 전극을 원하는 모양이나 치수 혹은 간격 등으로 패터닝 할 수 있고, 그 전극 간의 간격에 상응하는 주파수와 함께 AC 전압을 그 전극에 가하면 전극이 교차하는 영역으로부터 그 압전 물질 표면을 진행하는 표면 탄성파를 발생시킬 수 있다.

[0005] 미세유동 채널이나 챔버를 지닌 표면 탄성파 기반 미세유체 소자는 크게 부유된 입자들을 유동시키거나 채우기 위한 채널과 표면 탄성파를 생성 및 제어하기 위하여 미세전극이 패터닝된 압전기관을 접합함으로써 구현한다.

[0006] 종래 기술에서 트랜스듀서를 형성하는 전극과 제어대상 유체 영역의 정확한 정렬(alignment)이 쉽지 않다. 즉, 트랜스듀서를 형성하는 전극을 기관 위에 패터닝하는 과정과 제어대상 유체 영역을 패터닝하는 과정이 독립적으

로 이루어지는데 양쪽의 패터닝 과정이 동일한 프로세스로 이루어지지 않으므로 전극 패턴과 제어대상 유체 영역 패턴(제어대상 채널 패턴)이 정확하게 정렬되기가 쉽지 않다.

[0007] 미세전극패턴이 완성된 압전기관과 미세유동 채널을 접합하는 과정에서 미세전극과 채널의 정확한 배열접합을 위해 산소 플라즈마를 처리한 후 화학적인 접합과정이 정확한 배열을 위한 배치를 위해 지연될 수 있도록 에탄올을 뿌리고 고배율 현미경을 이용하여 접합과정을 진행하게 되는데 그 과정에서 전문가의 숙련도가 요구되며, 정확한 접합을 위한 추가 시약이 요구된다. 즉, 이는 미세유동 채널 내부에 표면 탄성파를 적용하기 위해서는 평행하거나 설계된 각도를 맞추어 정확한 접합 공정이 필요하지만, 접합 공정자의 숙련도 및 별도의 접합공정을 위한 장비가 요구되고, 채널이나 전극의 크기가 작고 평행하게 배열해야 할 구간이 길수록 정확한 접합공정을 진행하기가 어려운 문제점이 있다.

[0008] 표면 탄성파를 발생시키는 전극과 제어되는 입자의 이동 거리(변위), 제어되는 입자의 경로, 경로의 각도 등을 정확히 설계안대로 정렬하지 못하면 소기의 목표(Bio Target 물질의 검출, 진단 등)를 달성하기 어렵다. 또한, 한번 형성된 전극에 대한 조정 및 재가공이 어려워 원하는 성능이 나오지 않는 경우라도 전극 패턴을 조정할 수 없는 문제점이 있다.

[0009] 미세전극이 패터닝된 압전기관을 제작하는 과정은 전극으로 활용될 금속을 증착하는 공정 및 패터닝하는 과정에는 추가적인 습식 및 건식 식각과 같은 복잡한 공정 및 고가의 장비를 필요로 하고, 그 과정에서 환경오염 물질이나 독성이 있는 화학시약이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은, 전술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 고가의 장비나 복잡한 공정 절차 없이 단순하고, 저비용으로 높은 신뢰도(평행 및 각도)를 갖는 소자의 제작이 가능하고, 제어대상의 속성에 따라 탄성파의 조절이 가능한, 미세유체 소자를 제공하는 것이다.

[0011] 본 발명은, 본 발명에 의한 미세유체 소자의 제조방법을 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 하나의 양상은,

[0014] 제1 기관층; 상기 제1 기관층의 적어도 일면에 형성된 제2 기관층; 및 상기 제1 기관층의 표면에 형성되고, 상기 제2 기관층 내에 내재된 복수개의 트랜스듀서(transducer); 를 포함하고, 상기 트랜스듀서는, 전도성 미세유동 채널을 포함하는, 미세유체 소자에 관한 것이다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 전도성 미세유동 채널은, 전도성 채널층(electrically conducting channel layer)을 포함하고, 상기 전도성 채널층은, 상기 전도성 미세유동 채널의 일부분 또는 전체를 차지하는 전도성 물질을 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 전도성 채널층은, 액상의 전도성 물질; 또는 전도성 물질을 포함하는 용액, 현탁액, 또는 페이스트; 를 포함할 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 전도성 물질은, Ag, Pt, Au, Mg, Al, Zn, Fe, Cu, Ni 및 Pd의 금속입자; 무기 및 고분자 전해질; 인듐(In), 주석(Sn), 아연(Zn), 갈륨(Ga), 세륨(Ce), 카드뮴(Cd), 마그네슘(Mg), 베릴륨(Be), 은(Ag), 몰리브덴(Mo), 바나듐(V), 구리(Cu), 이리듐(Ir), 로듐(Rh), 루테튬(Ru), 텅스텐(W), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn), 알루미늄(Al), 및 란탄(La) 중에서 선택된 1종 이상을 포함하는 전도성 산화물 또는 이들의 합금; 및 탄소나노튜브, 탄소분말, 그래핀 및 흑연의 탄소물질; 로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 제1 기관층 상에 형성되고, 상기 제2 기관층 내에 내재된 제어대상 채널; 을 더 포함하고, 상기 제어대상 채널은, 제어대상 유체가 흐르는 미세유동 채널을 포함할 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 제1 기관은, 압전체 기관 또는 압전체 코팅층을 포함하는 플렉서블한 기관이

고, 상기 압전체 기판 및 압전체 코팅층은, α -AlPO₄(Berlinit), α -SiO₂(Quartz), LiTaO₃, LiNbO₃, SrxBayNb₂O₈, Pb₅-Ge₃O₁₁, Tb₂(MoO₄)₃, Li₂B₄O₇, Bi₁₂SiO₂O, Bi₁₂GeO₂, PZT(lead zirconate titanate), BTO(barium titanate), BFO(bismuth ferric oxide), PTO(platinum oxide), ZnO, CdS, GaN, AlN, VDF, ZnMgO, InN, GeTe, ZnSnO₃, KNbO₃, NaNbO₃, P(VDF-TrFe), P(VDFTeFE), TGS, PZT-PVDF, PZT-실리콘 리버, PZT-에폭시, PZT-발포폴리머, PZT-발포우레탄, 및 PVDF(polyvinylidene difluoride)으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 제2 기관층은, 광경화성 폴리머, 열경화성 폴리머 또는 이 둘을 포함하고, 상기 제2 기관층은, 투명 폴리머 기관일 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 트랜스듀서에 교류전압 신호의 입력을 위한 전압입력 단자; 를 더 포함할 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 트랜스듀서는, 상기 전도성 미세유동 채널과 상기 제1 기관층이 상호작용하여 인가된 전기 에너지를 탄성파로 변환하고, 상기 탄성파는, 표면 탄성파 또는 벌크 탄성파일 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 미세유체 소자는, 상기 전도성 물질의 농도, 점성, 또는 주입량을 조절하여 인가된 전기 에너지 대비 탄성파의 변환 비율; 탄성파의 세기, 또는 탄성파의 파장을 제어할 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 트랜스듀서는, 한 쌍 이상의 서로 마주보는 트랜스듀서 페어를 포함하고, 상기 트랜스듀서 페어는, 제어대상 채널을 중심으로 탄성파가 교차되도록 배치될 수 있다.

[0025] 본 발명의 다른 양상은,

[0026] 제1 기관을 준비하는 단계; 제2 기관의 트랜스듀서 영역 및 제어대상 채널 영역에 미세유동 채널 형태의 트렌치를 형성하는 단계; 상기 제1 기관의 일면에, 상기 제2 기관의 트렌치가 형성된 면을 배치시키는 단계; 상기 제1 기관과 제2 기관을 비가역적으로 접합하는 단계; 및

[0027] 상기 트랜스듀서 영역에 형성된 미세유동 채널의 일부분 또는 전체를 전도성 물질로 채워 전도성 미세유동 채널을 형성하는 단계; 를 포함하는, 미세유체 소자의 제조방법에 관한 것이다.

[0028] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 미세유동 채널 형태의 트렌치를 형성하는 단계는, 제2 기관의 제어대상 채널 영역에 미세유동 채널 형태의 트렌치를 더 형성할 수 있다.

[0029] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 미세유동 채널 형태의 트렌치를 형성하는 단계는, 마스크 패턴에 의한 포토 리소그래피 또는 몰드 공법을 이용할 수 있다.

[0030] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 배치하는 단계 이전에, 상기 제1 기관, 상기 제2 기관 또는 이 둘의 적어도 일면에 플라즈마 표면처리하는 단계; 를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0031] 본 발명에 의한 미세유체 소자는, 트랜스듀서 영역에 전극을 배치할 필요 없이 전도성 물질을 포함하는 전도성 미세유동 채널과 압전체 사이의 상호 작용에 의하여 탄성파를 생성할 수 있다.

[0032] 본 발명에 의한 미세유체 소자는, 미세유동 채널의 형태, 배열, 제어대상과 탄성파의 접촉면의 모양, 면적 등을 다양하게 설계하고, 제어대상에 적합한 탄성파를 유동적으로 변형시킬 수 있으므로, 미세유체 소자의 활용도를 높일 수 있다.

[0033] 본 발명에 의한 미세유체 소자는, 미세입자 분리에 있어 제어대상 유체의 성질에 구애받지 않고 세포액, 혈액 등 다양한 종류를 실험 대상으로 할 수 있고, 유속 제어를 위한 고가의 장치 없이 간편하고 빠르게 제어대상 유체로부터 미세입자의 분리를 실현할 수 있다.

[0034] 본 발명에 의한 미세유체 소자의 제조방법은, 기존의 탄성파 기반 미세유체 소자를 구현하는 과정에서 필수적으로 요구되었던 미세전극 패턴공정과 추가적인 화학물질 및 고가의 특수 장비 등에 따른 복잡한 접합 공정이 필요 없으므로, 공정절차를 단순화시키고, 제조비용을 낮출 수 있다.

[0035] 본 발명에 의한 미세유체 소자의 제조방법은, 표면 탄성파의 힘을 정확한 위치에 한곳에 정확하게 인가하고, 오차 없이 높은 신뢰도를 갖는 미세유체 소자를 제조할 수 있다.

[0036] 본 발명에 의한 미세유체 소자의 제조방법은, 수집에서 수백 나노 크기의 입자 제어를 위한 수십 마이크로 이하 크기 수준의 폭과 센티미터 수준 길이의 긴 일자형 채널 등으로 구성된 미세유체 소자의 제조가 가능하고, 크기 및 형태 등에 상관없이 집합과정에서 오류를 낮출 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0037] 도 1a는, 본 발명의 일 실시예에 따른, 본 발명에 의한 미세유체 소자의 단면을 예시적으로 나타낸 것이다.
 도 1b는, 본 발명의 일 실시예에 따른, 본 발명에 의한 미세유체 소자를 예시적으로 나타낸 것이다.
 도 1c는, 본 발명의 일 실시예에 따른, 본 발명에 의한 미세유체 소자에 의한 정상 표면 탄성파를 예시적으로 나타낸 것이다.
 도 1d는, 본 발명의 일 실시예에 따른, 본 발명에 의한 미세유체 소자에 의한 입자 제어를 예시적으로 나타낸 것이다.
 도 1e는, 본 발명의 다른 실시예에 따른, 본 발명에 의한 미세유체 소자를 예시적으로 나타낸 것이다.
 도 2a는, 본 발명의 일 실시예에 따른, 본 발명에 의한 미세유체 소자의 제조방법의 흐름도를 예시적으로 나타낸 것이다.
 도 2b는, 본 발명의 일 실시예에 따른, 본 발명에 의한 미세유체 소자의 제조방법의 공정을 예시적으로 나타낸 것이다.
 도 2c는, 본 발명의 일 실시예에 따른, 본 발명에 의한 전도성 미세유동 채널의 형성단계를 예시적으로 나타낸 것이다.
 도 3은, 본 발명의 실시예 1에 따른, 본 발명에 의한 미세유체 소자를 이용한 선형 패터닝 실험 결과를 나타낸 것이다.
 도 4는, 본 발명의 실시예 2에 따른, 본 발명에 의한 미세유체 소자를 이용한 선형 농축 실험 결과를 나타낸 것이다.
 도 5는, 본 발명의 실시예 3에 따른, 본 발명에 의한 미세유체 소자를 이용한 직교모드의 표면 탄성파의 미세입자 배열의 실험 결과를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 이하 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어들은 본 발명의 바람직한 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 본 명세서에서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0039] 본 발명은, 미세유체 소자에 관한 것으로, 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 미세유체 소자는, 전도성 미세유동 채널로 이루어진 트랜스듀서로 탄성파를 생성하여 제어대상을 제어하고, 제어대상에 따라 탄성파의 조절이 용이하고, 적용 분야에 따라 다양한 소자의 설계가 가능할 수 있다. 또한, 상기 미세유체 소자는 마이크로 및 나노 크기의 입자의 제어에 적용될 수 있다.

[0040] 본 발명의 일 실시예에 따라, 도 1a를 참조하며, 도 1a는, 본 발명의 일 실시예에 따른, 본 발명에 의한 미세유체 소자의 단면을 예시적으로 나타낸 것으로, 도 1a에서 상기 미세유체 소자는, 제1 기관층(110); 제2 기관층(120); 및 트랜스듀서(130); 제어대상 채널(140)을 포함할 수 있다.

[0041] 본 발명의 일 실시예에 따라, 제1 기관층(110)은, 전압의 인가 시 트랜스듀서(130)와의 접촉면에서 서로 상호작용하여 탄성파의 생성을 유도하는 것으로, 압전체 기관 또는 압전체 코팅층을 포함하는 플렉서블한 기관일 수 있다.

[0042] 본 발명의 일 예로, 압전체 기관 또는 압전체 코팅층은, 미세유체 소자에 적용 가능한 압전물질이라면 제한 없이 사용될 수 있고, 예를 들어, α - AlPO_4 (Berlinit), α - SiO_2 (Quartz), LiTaO_3 , LiNbO_3 , $\text{SrxBayNb}_2\text{O}_8$ (X 및 Y는 유리수), $\text{Pb}_5\text{-Ge}_3\text{O}_{11}$, $\text{Tb}_2(\text{MoO}_4)_3$, $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$, $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$, $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$, PZT(lead zirconate titanate), BTO(barium

titanate), BFO(bismuth ferric oxide), PTO(platinum oxide), ZnO, CdS, GaN, AlN, VDF, ZnMgO, InN, GeTe, ZnSnO₃, KNbO₃, NaNbO₃, P(VDF-TrFe), P(VDFTeFE), TGS, PZT-PVDF, PZT-실리콘 러버, PZT-에폭시, PZT-발포폴리머, PZT-발포우레탄, 및 PVDF(polyvinylidene difluoride)으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한하는 것은 아니다.

[0043] 본 발명의 일 예로, 상기 플렉서블한 기관은, 미세유체 소자에 적용 가능한 것이라면 제한 없이 사용될 수 있고, 예를 들어, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리카보네이트, 폴리에틸렌나프탈렌, 폴리이미드, 폴리테트라플루오렌, 폴리우레탄, 폴리시클로올레핀 및 폴리비닐알코올로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함하는 폴리머 기관일 수 있으나, 이에 제한하는 것은 아니다.

[0044] 본 발명의 일 실시예에 따라, 트랜스듀서(130)는, 제1 기관층(110)과 상호작용하여 표면 탄성파를 생성하는 것으로, 제1 기관층(110) 상에 형성되고, 제2 기관층(120) 내에 내재될 수 있다. 트랜스듀서(130)는, 전도성 미세유동 채널(131)을 포함하고, 전도성 미세유동 채널(131)을 이용하여 표면 탄성파를 생성하므로, 탄성파 생성을 위해 추가적인 전극을 형성할 필요가 없다.

[0045] 본 발명의 일 예로, 트랜스듀서(130)는, 한 쌍 이상의 서로 마주보는 트랜스듀서 페어를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 트랜스듀서 페어는, 제어대상에 따라, 개수, 배치 형태, 등이 조절될 수 있으며, 바람직하게는 탄성파에 의한 입자 제어를 용이하게 진행하기 위해서, 제어대상 채널(140)을 중심으로 탄성파가 교차되도록 배치될 수 있다. 예를 들어, 도 1b를 참조하면, 도 1b는, 본 발명의 일 실시예에 따른, 본 발명에 의한 미세유체 소자를 예시적으로 나타낸 것으로, 도 1b에서 제어대상 채널(140)을 중심으로 서로 마주보도록 배치된 한 쌍의 트랜스듀서 페어를 포함할 수 있다. 다른 예로, 도 5를 참조하면, 제어대상 채널(140)을 중심으로 서로 마주보도록 배치된 두 쌍의 트랜스듀서 페어를 포함할 수 있다.

[0046] 본 발명의 일 예로, 전도성 미세유동 채널(131)은, 전도성 채널층(131a); 및 전도성 물질의 주입을 위한 주입구(도면에 도시하지 않음);를 포함할 수 있다. 전도성 미세유동 채널(131)은, 전도성 채널층(131a)과 제1 기관층(110)의 상호작용으로 인가된 전기에너지를 표면 탄성파로 전환시킬 수 있다. 즉, 전도성 채널층(131a)은, 전도성 미세유동 채널(131) 내에서 접촉되어 있는 제1 기관층(110)에 전기에너지를 전달하고, 제1 기관층(110)은 전달된 전기에너지에 의해 진동 에너지를 형성하는 압전 효과를 직접적으로 발현하여 표면 탄성파를 생성하고, 압력점과 반압력점에 의한 제어대상의 제어가 이루어질 수 있다.

[0047] 예를 들어, 도 1b의 미세유체 소자에서 서로 마주보도록 트랜스듀서 페어가 형성되고, 상기 트랜스듀서 페어에 의해 마주보는 방향으로 교차하는 표면 탄성파의 중첩 및 상쇄현상을 이용하여 형성된 정상 표면 탄성파는 마주보는 트랜스듀서 사이의 영역에 중첩현상에 의해 진동에너지가 최대로 발생하는 반압력점(anti-pressure node)과 상쇄현상에 의해 진동에너지가 최소로 발생하는 압력점(pressure node)을 형성할 수 있다. 모드 제어대상, 즉 미세입자는, 정상 표면 탄성파에 의한 힘을 받아 압력점 또는 반압력점으로 이동하게 되는데 이때 받는 탄성력 F_r 은 하기의 수학적 식 1의 관계를 가질 수 있다.

[0048] [수학적 식 1]

$$F_r = -(\pi p_0^2 V_c \beta_w / 2\lambda) \cdot \Phi(\beta, \rho) \cdot \sin(2kx)$$

[0049]

$$\Phi(\beta, \rho) = \frac{5\rho_c - 2\rho_w}{2\rho_c + \rho_w} - \frac{\beta_c}{\beta_w}$$

[0050] 이때,

$$p_0 = \sqrt{\frac{PZ}{A}}$$

[0051] 이고, 이다.

[0052] 여기에서 p_0 , λ , V_c 는 각각 탄성압, 파장, 대상입자의 부피를 의미하고 ρ_c , ρ_w , β_c , β_w 는 각각 대상입자의 밀도, 매질의 밀도, 대상입자의 압축성, 매질의 압축성을 의미하며 P , Z , A 는 각각 입력전력, 전극의 임피던스, 표면 탄성파가 미치는 영역의 면적을 의미한다.

- [0053] Φ 는 미세입자의 평형점을 결정하는 값으로서 $\Phi > 0$ 인 경우 미세입자는 압력점으로 이동할 것이고, $\Phi < 0$ 인 경우 미세입자는 반압력점으로 이동하게 된다. 상기 식을 통해 미세입자가 받는 탄성력은 미세입자의 부피와 압축성, 즉 변형능에 의해 영향을 받음을 알 수 있다.
- [0054] 보다 구체적으로, 상기 정상 표면 탄성파는 도 1c를 참조하여 설명하며, 도 1c는, 본 발명의 일 실시예에 따른, 본 발명에 의한 미세유체 소자에 의한 정상 표면 탄성파를 예시적으로 나타낸 것으로, 도 1c에서 정상 표면 탄성파는, 변위가 0인 점을 압력점(A)이라 하고, 변위가 최대인 점을 반압력점(B)이라 한다. 압력점(A)에서는 에너지가 상쇄되어 진동 에너지가 최소가 되고 반압력점(B)에서는 중첩에 의하여 진동 에너지가 최대가 된다. 제 2 기관(120)에 의하여 둘러싸인 제어대상 채널(140) 내의 유체는 제어대상 입자(P)를 포함한다. 제어대상 입자(P)는 정상 표면 탄성파에 의하여 압력점(A)을 향하도록 힘을 받는다. 상기 수학적 1에서 $\Phi > 0$ 의 조건을 만족하는 경우로 볼 수 있다. 제어대상 입자(P)가 정상 표면 탄성파에 의하여 압력점(A)을 향할 지 반압력점(B)을 향할 지는 제어대상 입자와 표면 탄성파와의 탄성 특성(elastic properties)에 의하여 결정될 수 있다.
- [0055] 예를 들어, 도 1d를 참조하면, 도 1d는, 본 발명의 일 실시예에 따른, 미세유체 소자의 입자 제어를 예시적으로 나타낸 것으로, 전도성 미세유동 채널(131)에 상응하는 주파수를 갖는 교류전기전압의 인가 시(on 상태, 작동 주파수 31.81 MHz, 전압조건 14 V) 제1 기관층(110) 표면 위로 전달되는 전기에너지에 의해 표면 탄성파가 생성되고, 압력점과 반압력점에 의해서 불규칙하게 부유되어 있던 제어대상인 미세입자(1% Hct RBS suspension in PBS)가 일정한 간격으로 선형모양으로 패턴을 이루면서 제어될 수 있다.
- [0056] 예를 들어, 전도성 채널층(131a)는, 전도성 미세유동 채널(131)의 일부분 또는 전체까지 차지하는 전도성 물질을 포함할 수 있고, 탄성파 생성을 위한 전극으로 이용될 수 있다.
- [0057] 예를 들어, 전도성 채널층(131a)은, 도 1a를 참조하면, 전도성 미세유동 채널(131) 높이의 100 % 미만; 90 % 이하; 80 % 이하; 또는 50 내지 70 %까지 차지할 수 있으며, 이는 전도성 채널층(131a)과 전도성 미세유동 채널(131)의 상부 사이에 공간(131b)을 형성하여, 탄성파의 세기 및 파장 등을 용이하게 조절할 수 있다.
- [0058] 예를 들어, 상기 전도성 물질은, 전기를 전달할 수 있는 물질이라면, 제한 없이 사용될 수 있고, 제어대상, 원하는 탄성파의 파장, 세기 등을 조절하기 위해서 적절하게 선택될 수 있으며, 바람직하게는, 금속입자; 무기 및 폴리머 전해질; 전이 금속계 물질; 및 전도성 탄소 물질; 로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다. 상기 금속입자의 예로는, Ag, Pt, Au, Mg, Al, Zn, Fe, Cu, Ni, Pd 등일 수 있다. 상기 무기 전해질의 예로는, 황산(H_2SO_4), 염산(HCl), 수산화나트륨(NaOH), 수산화칼륨(KOH), 질산나트륨, 염화나트륨(NaCl), 염화리튬(LiCl), 염화칼륨(KCl), 질산칼륨(KNO_3), 질산나트륨($NaNO_3$), 황산나트륨(Na_2SO_4), 아황산나트륨(Na_2SO_3), 티오황산나트륨($Na_2S_2O_3$), 피로인산나트륨($Na_4P_2O_7$), 인산(H_3PO_4) 등일 수 있다. 상기 폴리머 전해질의 예로는, PDDA(poly(diallyldimethylammonium chloride)), PEI(poly(ethylene imine)), PAA(poly(amic acid)), PSS(poly(styrene sulfonate)), PAA(poly(allyl amine)), CS(Chitosan), PNIPAM(poly(N-isopropyl acrylamide)), PVS(poly(vinyl sulfate)), PAH(poly(allylamine), PMA(poly(methacrylic acid) 등일 수 있다. 상기 전이 금속계 물질의 예로는, 인듐(In), 주석(Sn), 아연(Zn), 갈륨(Ga), 세륨(Ce), 카드뮴(Cd), 마그네슘(Mg), 베릴륨(Be), 은(Ag), 몰리브덴(Mo), 바나듐(V), 구리(Cu), 이리듐(Ir), 로듐(Rh), 루테튬(Ru), 텅스텐(W), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn), 알루미늄(Al), 및 란탄(La) 중에서 선택된 1종 이상을 포함하는 전도성 산화물, 이들의 합금 등일 수 있으며, 바람직하게는 상기 합금은, 전도성 미세유동 채널(131) 내에 주입이 잘 이루어지고, 적절한 점성으로 탄성파 조절에 용이한 상온에서 액상으로 존재하는 공융합금(eutectic alloy)일 수 있다. 상기 전도성 탄소 물질의 예로는, 탄소나노튜브, 탄소분말, 그래핀, 흑연 등일 수 있다.
- [0059] 본 발명의 일 예로, 전도성 채널층(131a)은, 액상의 전도성 물질; 또는 전도성 물질을 포함하는 용액, 현탁액, 또는 페이스트; 를 포함할 수 있다.
- [0060] 예를 들어, 상기 액상의 전도성 물질은, 상온에서 액상으로 있는 전도성 물질이며, 예를 들어, EGa-In 등의 공융합금일 수 있다.
- [0061] 예를 들어, 상기 전도성 물질을 포함하는 용액은, 상기 언급한 전도성 물질이 용매 내에 용해된 상태이며, 예를 들어, 상기 전해질을 포함하는 용액일 수 있다. 상기 용매의 예로는, 물, 메탄올, 에탄올, 이소프로판올, 1-메톡시프로판올, 부탄올, 에틸헥실 알코올, 테르피네올, 에틸렌글리콜, 글리세린, 에틸아세테이트, 부틸아세테이트, 메톡시프로필아세테이트, 카비톨아세테이트, 에틸카비톨아세테이트, 메틸셀로솔브, 부틸셀로솔브, 디에틸에테르, 테트라히드로퓨란, 디옥산, 메틸에틸케톤, 아세톤, 디메틸포름아미드, 1-메틸-2-피롤리돈, 디메틸술폰사

이드, 헥산, 헵탄, 파라핀 오일, 미네랄 스피릿, 톨루엔, 자일렌, 클로로포름, 아세토니트릴 등일 수 있으나, 이에 제한하는 것은 아니다.

- [0062] 예를 들어, 상기 현탁액은, 상기 전도성 물질이 용매 내에 분산된 상태이며, 예를 들어, 상기 전이 금속계 물질 및/또는 탄소 물질을 포함하는 현탁액일 수 있다. 상기 용매는, 상기 언급한 바와 같다.
- [0063] 예를 들어, 상기 페이스트는, 상기 전도성 물질; 용매; 및 바인더; 를 포함하는 잉크 조성물일 수 있으며, 상기 용매 및 바인더는, 상기 전도성 물질, 제어대상, 원하는 탄성파의 파장, 세기 등에 따라 적절하게 선택될 수 있다. 상기 바인더의 예로는, 미세유체 소자에 적용 가능한 것이라면 제한 없이 적용될 수 있으며, 바람직하게는 휘발성 바인더일 수 있다. 구체적으로, 아크릴, 셀룰로스, 폴리에스테르, 폴리에테르, 비닐, 우레탄, 우레아, 알키드, 실리콘, 볼소, 올레핀, 로진, 에폭시, 불포화 폴리에스테르, 페놀, 멜라민계 수지, 그 유도체 등일 수 있으나, 이에 제한하는 것은 아니다.
- [0064] 예를 들어, 액상의 전도성 물질; 또는 전도성 물질을 포함하는 용액, 현탁액, 또는 페이스트는, 제어대상에 따른 탄성파의 세기, 파장 등을 조절하기 위해서 적절한 점도로 형성될 수 있다.
- [0065] 예를 들어, 전도성 물질을 포함하는 용액 및 현탁액은, 제어대상에 따른 탄성파의 세기, 파장 등을 조절하기 위해서 적절한 농도로 형성될 수 있다.
- [0066] 예를 들어, 전도성 미세유동 채널(131) 내에 차지하는 전도성 물질은, 재사용이 가능할 수 있다.
- [0067] 본 발명의 일 실시예에 따라, 전도성 미세유동 채널(131)은, 채널의 배열, 폭, 높이 등의 설계 변수를 조절하여 제어대상에 따라 탄성파의 생성이 최적화된 채널로 형성될 수 있다.
- [0068] 본 발명의 일 실시예에 따라, 제어대상 채널(140)은, 제1 기관층(110) 상에 형성되고, 제2 기관층(120) 내에 내재될 수 있다. 제어대상 채널(140)은, 제어대상 입자 등을 포함하는 제어대상 유체가 흐르는 미세유동 채널을 포함할 수 있다. 제어대상 채널(140)은, 제어대상을 주입하고, 배출하기 위한 주입구 및 배출구(도면에 도시하지 않음); 를 더 포함할 수 있다.
- [0069] 본 발명의 일 예로, 제어대상 채널(140)의 미세유동 채널은, 채널의 배열, 폭, 높이 등의 설계 변수를 조절하여 제어대상의 흐름과 탄성파에 의한 제어대상의 제어에 최적화되도록 형성될 수 있다. 제어대상 채널(140)의 미세유동 채널은, 전도성 미세유동 채널(131)과 상이하거나 또는 동일한 형태 및 크기를 가질 수 있다.
- [0070] 본 발명의 일 실시예에 따라, 제2 기관층(120)은, 제1 기관층(110) 상에 형성되고, 트랜스듀서(130) 및/또는 제어대상 채널(140)이 내재될 수 있다.
- [0071] 본 발명의 일 예로, 제2 기관층(120)은, 광경화성 고분자, 열경화성 고분자 또는 이 둘을 포함하는 폴리머 기관일 수 있다.
- [0072] 예를 들어, 상기 폴리머 기관은, 폴리메틸렌테레프탈레이트, 폴리카보네이트, 폴리이미드, 폴리메틸렌나프탈레이트, 폴리메틸렌술폰, 폴리아크릴레이트, 폴리우레탄, 폴리시클로올레핀폴리비닐알코올, 폴리(디메틸실록산)(poly(dimethylsiloxane), PDMS), 폴리우레탄아크릴레이트(polyurethane acrylate, PUA), 및 퍼플루오로폴리에테르(perfluoropolyether, PFPE)로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한하는 것은 아니다.
- [0073] 예를 들어, 상기 폴리머 기관은, 투명 폴리머 기관이며, 투명 폴리머 기관을 이용하여 미세유동 채널 내에 전도성 물질의 위치, 전도성 물질이 채워지는 공정 등을 육안으로 확인할 수 있고, 탄성파에 의한 제어대상의 제어 현상, 제어대상의 흐름 등을 육안으로 확인할 수 있다.
- [0074] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 탄성파에 의한 입자의 제어는, 입자의 포커싱, 선택적 분리, 농축, 혼합 등의 기능을 수행할 수 있고, 예를 들어, 미세유체 소자를 기반으로 한 시료 전처리, 화학, 생물공학, 의학 등에 관련한 미세입자 분리, 나노 입자의 선형 농축 등의 농축, 직교모드에 따른 배열화, 입자의 선형 패터닝 등의 패터닝 실험분석, 진단, 등에 적용될 수 있다.
- [0075] 또는, 상기 탄성파에 의한 입자의 제어는, 형광의 강도와 주입샘플의 농도 간의 상관관계로부터 미세입자의 농도 평가에 적용될 수 있다.
- [0076] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 제어대상은 유체 내의 입자 또는 유체 그 자체일 수 있다. 예를 들어, 제어대상은, 화학, 생물공학, 의학 등의 다양한 분야에서 미세유체 소자의 적용이 가능한 것이라면 제한 없이 선택

될 수 있으며, 예를 들어, 세포액, 혈액, 바이러스, 세균, 세포, 저농도 질환세포 등일 수 있다. 예를 들어, 상기 입자는, 나노크기 및/또는 마이크로 크기를 가질 수 있다. 예를 들어, 유체는, 다양한 농도, 다양한 점도를 가질 수 있으며, 예를 들어, 저점도뿐만 아니라 고점도의 액체일 수 있다.

[0077] 본 발명의 일 실시예에 따라, 미세유체 소자에서 전도성 미세유동 채널(131), 제어대상 채널(140) 등은, 미세유체 소자의 적용 분야, 제어대상, 제어대상의 처리 방법 등에 따라 형태, 크기, 배열 등을 적절하게 변형 및 변경할 수 있다. 예를 들어, 도 5를 참조하면, 제어대상 유체가 유동하는 경우가 아니라면, 제어대상 채널(140)은, 제어대상 챔버(540)를 형성하여 제어대상 챔버(540) 내에서 제어대상을 제어할 수 있다. 또는, 트랜스듀서에 의해 생성된 표면 탄성파에 의해 제어가 가능한 영역, 예를 들어, 제2 기관(120) 상의 적어도 일부분, 예를 들어, 트랜스듀서 패어 사이의 빈영역에 제어대상 액체를 적하시켜 제어대상을 제어할 수 있다.

[0078] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 탄성파는, 정량적 및 정성적 처리 성능을 향상시키기 위해서, 제어대상에 따라 출력 형태 및 종류에서 변형이 가능할 수 있다. 예를 들어, 상기 탄성파는, 정상 표면 탄성파(SSAW, Standing Surface Acoustic Wave), 정지 표면 탄성파 등의 표면 탄성파 및 벌크 탄성파 등일 수 있다.

[0079] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 미세유체 소자는, 본 발명의 목적을 벗어나지 않는다면, 제어대상 입자를 포함하는 시료 주입, 방출, 전압 인가 등을 위해 본 발명의 기술분야에서 적용되는 미세유체 소자의 구성을 더 포함할 수 있다.

[0080] 본 발명의 일 예로, 도 1e를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른, 본 발명의 미세유체 소자를 예시적으로 나타낸 것으로, 도 1e에서 전도성 미세유동 채널(131)에 교류전압 신호의 인가를 위한 전압입력 단자(150); 제어대상을 주입하는 튜브(160) 등을 포함할 수 있다.

[0081] 예를 들어, 전압입력 단자(150)는, 전도성 미세유동 채널(131)의 전도성 물질에 상응한 작동 주파수(또는 파장)의 교류전압을 인가하여 탄성파 생성을 유도할 수 있다.

[0082] 예를 들어, 전압입력 단자(150)는, 전기 전도선(151)을 경유하여 교류 전원이 연결되고, 교류 전원으로부터 전기 전도선(151) 및 전압 입력 단자(150)를 경유하여 전도성 미세유동 채널(131)에 교류 전압 신호가 인가된다. 또한, 전압 입력 단자(150)는 양극과 음극으로 구분되어 교류 전원과 연결되며, 각 극성은 신호 발생 제어 장치와 그 신호를 증폭시켜주는 증폭기의 양극과 음극과 함께 연결되어 있으며, 각 장치들은 입력하는 전압을 제어하기 위한 전력 공급기와 함께 연결될 수 있다.

[0083] 본 명세서에 첨부된 도면에 제시한 미세유체 소자는 단지 예시적으로 나타낸 것으로, 상기 도면에 의해서 본 발명의 미세유체 소자의 범위를 한정하는 것은 아니다.

[0084] 본 발명은, 본 발명에 의한 미세유체 소자의 제조방법에 관한 것으로, 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 미세유체 소자의 제조방법은, 탄성파의 생성과 제어를 위한 트랜스듀스 영역과, 제어대상이 흐르는 제어대상 채널 영역을 동시 및/또는 동일한 기관에 설계 및 제작이 이루어지므로, 이들의 정확한 배열접합을 달성할 수 있고, 더욱이, 전극패턴 공정이 필요 없고, 접합 공정에서 고배율 현미경, 에탄올 등과 같은 고가의 장비 및 시약 없이 진행할 수 있으므로, 미세유체 소자의 제조 공정을 단순화시키고, 제조비용을 낮출 수 있다.

[0085] 본 발명의 일 실시예에 따라, 도 2a를 참조하며, 도 2a는, 본 발명의 일 실시예에 따른, 본 발명의 미세유체 소자의 제조방법의 흐름도를 예시적으로 나타낸 것으로, 도 2a에서 미세유체 소자의 제조방법은, 제1 기관을 준비하는 단계(S100); 제2 기관에 미세유동 채널 형태의 트렌치를 형성하는 단계(S200); 제1 기관 상에 제2 기관을 배치하는 단계(S300); 제1 기관과 제2 기관을 접합하는 단계(S400); 및 전도성 미세유동 채널을 형성하는 단계(S500); 을 포함할 수 있다.

[0086] 도 2b를 참조하여 보다 구체적으로 설명하며, 도 2b는, 본 발명의 일 실시예에 따른, 본 발명에 의한 미세유체 소자의 제조방법의 공정을 예시적으로 나타낸 것이다. 본 발명의 일 예로, 제1 기관을 준비하는 단계(S100)는, 미세유체 소자에서 전도성 미세유동 채널과 상호작용하여 탄성파를 생성하기 위한 제1 기관(210)을 준비하는 단계이며, 상기 언급한 바와 같이, 제1 기관(210)은 압전체 기관 또는 압전체 코팅층을 포함하는 플렉서블 기관일 수 있다.

[0087] 본 발명의 일 예로, 미세유동 채널 형태의 트렌치를 형성하는 단계(S200)는, 제2 기관(220) 상에 미세유체 소자의 각 영역에 미세유동 채널 형태의 트렌치를 형성할 수 있다. 예를 들어, 상기 영역은, 트랜스듀서 영역(230), 제어대상 채널 영역(240) 등일 수 있다. 각 영역에 따른 트렌치는 동시에 또는 각각 형성될 수 있으며, 바람직하게는 동시에 형성되어 트랜스듀서 영역(230)과 제어대상 채널 영역(240)의 위치를 설계한 대로 정확한

배치를 유도할 수 있고, 접합 과정에서 발생하는 오차를 제거할 수 있다. 즉, 트랜스듀서와 제어대상 채널 등이 함께 제작될 경우에, 평행도와 각도의 설정을 한번의 공정절차로 달성할 수 있다.

[0088] 예를 들어, 미세유동 채널 형태의 트렌치를 형성하는 단계(S200)는, 마스크 패턴에 의한 포토 리소그래피 또는 몰드 공법을 이용할 수 있다. 예를 들어, 트랜스듀서 영역(230)과 제어대상 채널 영역(240)은, 동일한 마스크 패턴, 또는 두 개 이상의 마스크 패턴을 이용하는 포토 리소그래피 공정으로 cut-out 처리되어 트렌치를 형성할 수 있다. 바람직하게는 동일한 마스크 패턴에 의한 단일 공정에 의해서 트랜스듀서 영역(230)과 제어대상 채널 영역(240)에 트렌치를 형성할 수 있다. 또한, 동일한 마스크 패턴을 이용하여 트랜스듀서 영역(230)과 제어대상 채널 영역(240)을 각각 형성할 수 있다.

[0089] 예를 들어, 몰드 공법은, 제2 기관 형성을 위한 폴리머 물질을 가열한 이후, 반도체 공정(Photo-Lithography 공정 등)을 통해 패턴닝된 원형에 붓고, 오븐에 구워 주조 및 성형하여 트렌치를 형성하는 캐스트 몰딩(cast molding)일 수 있다.

[0090] 예를 들어, 미세유동 채널 형태의 트렌치를 형성하는 단계(S200)는, 열경화성 고분자 및 광경화성 고분자를 트렌치 형성 방법에 따라 적절하게 적용할 수 있으며, 예를 들어, 몰드 공법은, PDMS 등의 열경화성 고분자를 이용할 수 있다.

[0091] 본 발명의 일 예로, 제1 기관 상에 제2 기관을 배치하는 단계(S300)는, 제1 기관(210)의 일면에, 제2 기관(220)의 트렌치가 형성된 면을 배치시키는 단계이다. 이는, 하기의 접합하는 단계(S300) 이후에 상기 트렌치는, 제1 기관(210)에 의해 적어도 일부분이 덮여지고(전도성 물질 주입구, 시료 주입구 및 출구 등은 오픈되어 있음), 제1 기관(210)에 의한 트렌치의 하부면은, 전도성 물질과 제1 기관(210)의 접촉면을 형성하므로, 전압 인가 시 이들의 상호 작용을 유도하여 탄성파를 생성할 수 있다.

[0092] 본 발명의 일 예로, 제1 기관 상에 제2 기관을 배치하는 단계(S300) 이전에, 플라즈마 표면처리하는 단계(S210)를 더 포함할 수 있다. 표면처리하는 단계(S210)는, 제1 기관(210), 제2 기관(220) 또는 이 둘의 적어도 일면에 플라즈마 표면처리하는 단계이며, 바람직하게는 제1 기관(210)과 제2 기관(220)이 접합되는 면을 플라즈마 표면처리될 수 있다. 이러한 표면처리에 의해 비가역적 접합을 용이하게 유도할 수 있다. 예를 들어, 산소(O_2), 질소(N_2), 수소(H_2), 및 아르곤(Ar)으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 플라즈마를 이용할 수 있다.

[0093] 본 발명의 일 예로, 제1 기관과 제2 기관을 접합하는 단계(S400)는, 제1 기관(210)과 제2 기관(220)을 비가역적으로 접합하는 단계이다. 예를 들어, 접합 이후에, 제1 기관(210)은 하부층으로, 제2 기관(220)은 상부층으로 활용하고, 상기 제1 기관(210)에 의해서 상기 트렌치의 적어도 일부분이 덮여지면 각 영역에 따라 미세유동 채널을 형성할 수 있다.

[0094] 본 발명의 일 예로, 전도성 미세유동 채널을 형성하는 단계(S500)는, 트랜스듀스 영역의 미세유동 채널(231)에 전도성 물질을 주입하여 전도성 물질층(231a)이 형성된 전도성 미세유동 채널(231)을 형성하는 단계이다. 예를 들어, 도 2c를 참조하면, 도 2c는 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 미세유동 채널을 형성하는 단계를 예시적으로 나타낸 것으로, 도 2c에서 미세유동 채널(231)의 주입구에 튜브 또는 주사기를 이용하고, 전도성 물질을 화살표 방향으로 미세유동 채널(231)을 채울 수 있다. 상기 전도성 물질은, 상기 언급한 바와 같다.

[0095] 본 발명의 미세유체 소자의 제조방법은, 본 발명의 목적을 벗어나지 않는다면, 본 발명의 기술분야에서 적용되는 미세유체 소자의 구성을 추가하기 위한 제조 공정이 더 진행될 수 있으며, 본 명세서에는 구체적으로 언급하지 않는다.

[0096] 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고, 하기의 특허 청구의 범위, 발명의 상세한 설명 및 첨부된 도면에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있다.

[0097] 실시예 1

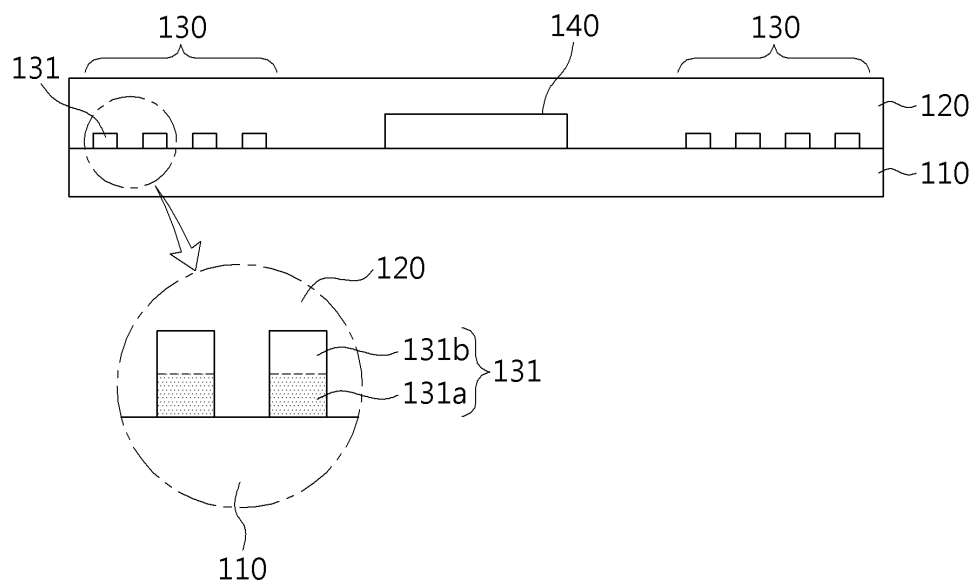
[0098] 미세유체 소자를 이용한 선형 패턴닝 실험

[0099] 도 1b의 미세유체 소자를 이용하며, 포토리소 그래피를 이용하여 PDMS의 제1 기관 및 제2 기관을 패턴닝하고, 전도성 미세유동 채널은 EGa-In(eutectic Gallium-Indium)로 채워져 형성하여 미세유체 소자를 제조하였다. 한 쌍의 전도성 미세유동 채널은 일자형 제어대상 채널 사이에 두고 형성된다. 상기 미세유체 소자에 전압을 인가하여 제어대상에 대한 선형 패턴닝 실험을 실시하였고, 그 결과는, 도 3에 나타내었다.

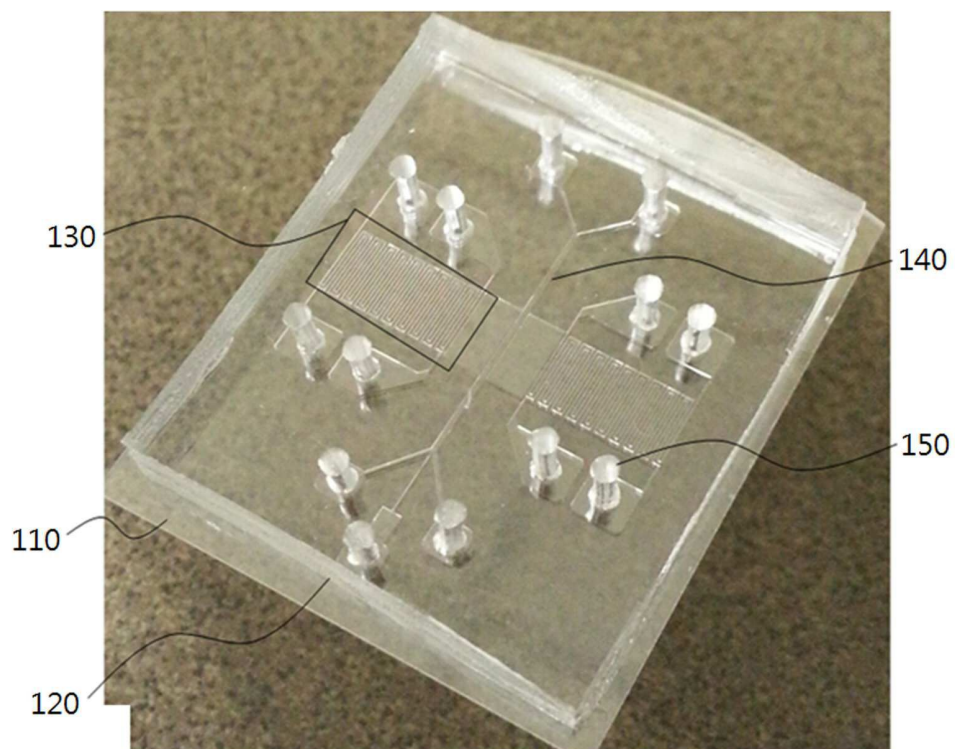
- [0100] 도 3를 살펴보면, 정상 표면 탄성(SSAW, Standing Surface Acoustic Wave) OFF 상태를 나타낸 것으로, 지름 10 μm 의 형광 입자가 불규칙적으로 부유되어 있다. 또한, 전도성 미세유동 채널에 전압을 가하면(SSAW ON의 상태), 정상 표면 탄성파가 생성되면서 증첩현상에 의해 진동에너지가 최대로 발생하는 반압력점 및 상쇄작용에 의해 진동에너지가 최소화가 되는 압력점이 형성되고 모든 입자들이 압력점으로 농축되면서 선형패턴으로 제어 되는 것을 확인할 수 있다.
- [0101] 실시예 2
- [0102] 미세유체 소자를 이용한 선형 농축 실험
- [0103] 실시예 1과 같은 미세유체 소자를 이용하고, 전압을 인가하여 지름 140 nm의 준 나노 크기(수백 nm 크기 범위)의 형광 입자를 농축하였다. 그 결과는 도 4에 나타내었다.
- [0104] 도 4를 살펴보면, 미세유체 소자 내에 보다 작은 크기의 형광 입자를 주입시킨 후, 랜덤하게 분산되어 있는 140 nm 크기의 형광 입자를 나타내고, SSAW ON의 조건에서 입자들이 농축된 것을 확인할 수 있다.
- [0105] 실시예 3
- [0106] 직교모드의 표면 탄성파를 이용한 미세입자의 배열
- [0107] 도 5의 미세유체 소자를 이용하고, 제어대상 입자가 위치할 사각의 챔버(chamber, 540)가 미세유체 소자의 가운데 위치한다. 챔버의 네 방위에 전도성 미세유동 채널(530)이 배치된다. 직교모드의 표면 탄성파를 이용하여 미세입자를 배열하는 실험을 진행하였고, 그 결과는 도 5에 나타내었다. 도 5에서 네 방위에서 가운데 챔버(chamber, 540) 내로 들어오는 화살표가 표면 탄성파이며, 표면 탄성파가 서로 직교하며 미세입자 제어를 위한 사각 챔버(540)로 유도하는 것을 확인할 수 있다. 사각 챔버(540) 내에서 불규칙적으로 분포되어 있던 형광 입자들에 대해서 두 쌍의 직교방향에 위치한 전도성 미세유동 채널(530)에 교류전압을 인가하였을 때, 사각채널 내 부유되어 있던 미세형광 입자가 점의 형태로 배열되는 것을 확인할 수 있다.
- [0108] 본 발명은, 전도성 미세유동 채널을 이용한 트랜스듀스를 포함하는 탄성파 기반 미세유체 소자를 제공할 수 있으며, 상기 미세유체 소자는, 제어대상 및 처리 목적에 따라 탄성파의 조절 및 다양한 소자 설계가 가능하고, 다양한 분야에 유용적으로 활용할 수 있다. 또한, 본 발명은, 간단한 공정으로 미세유체 소자의 주요 구성인 트랜스듀서 및 제어대상 채널 간의 정확한 배열 접합을 유도하여, 신뢰성 높은 미세유체 소자를 제조할 수 있다.
- [0109]
- [0110]
- [0112]

도면

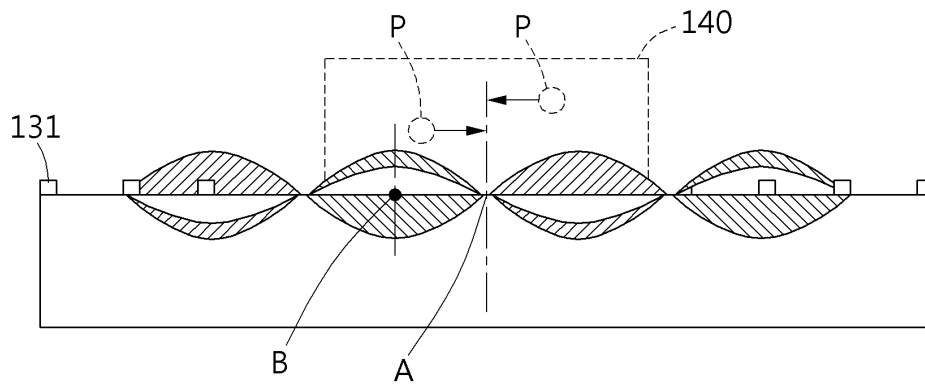
도면1a



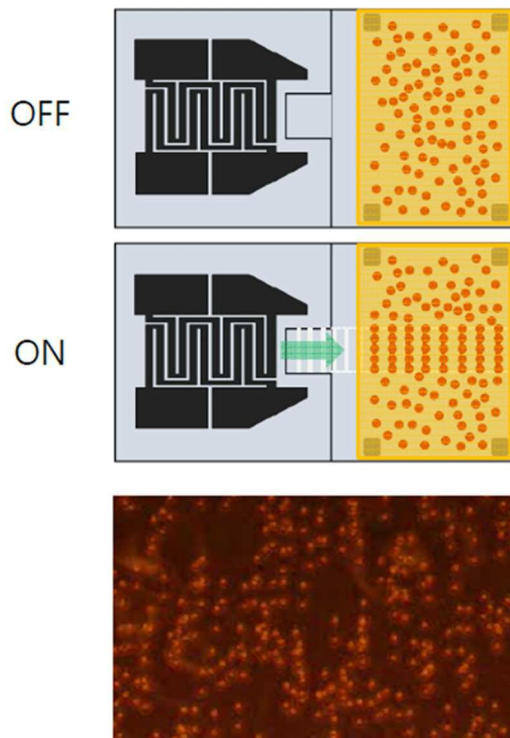
도면1b



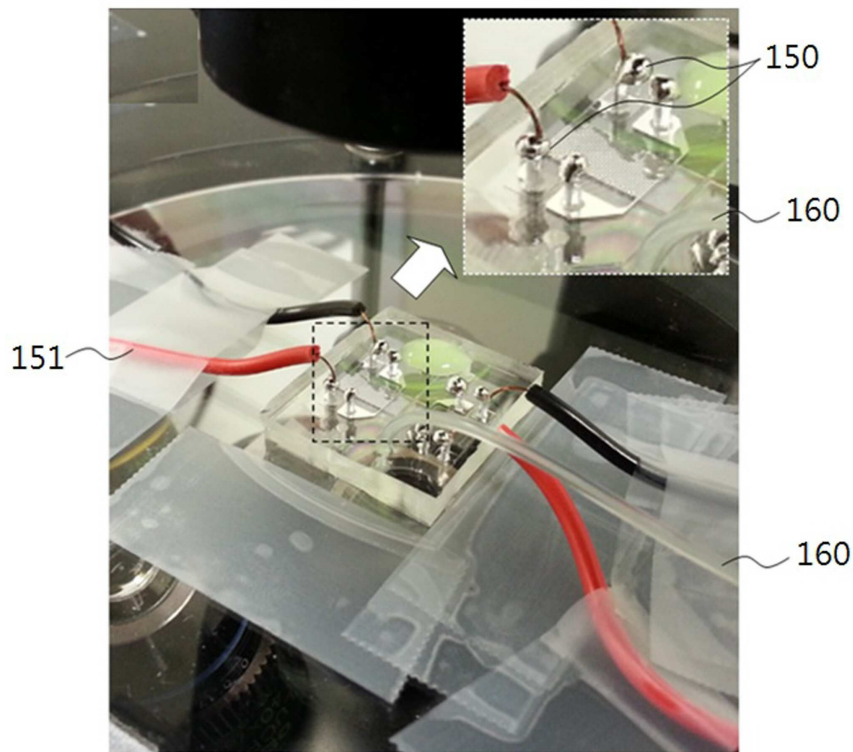
도면1c



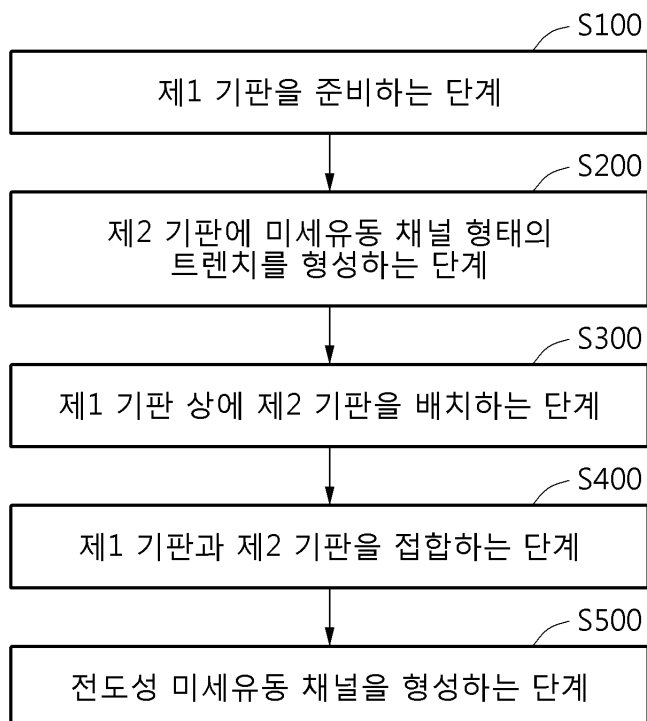
도면1d



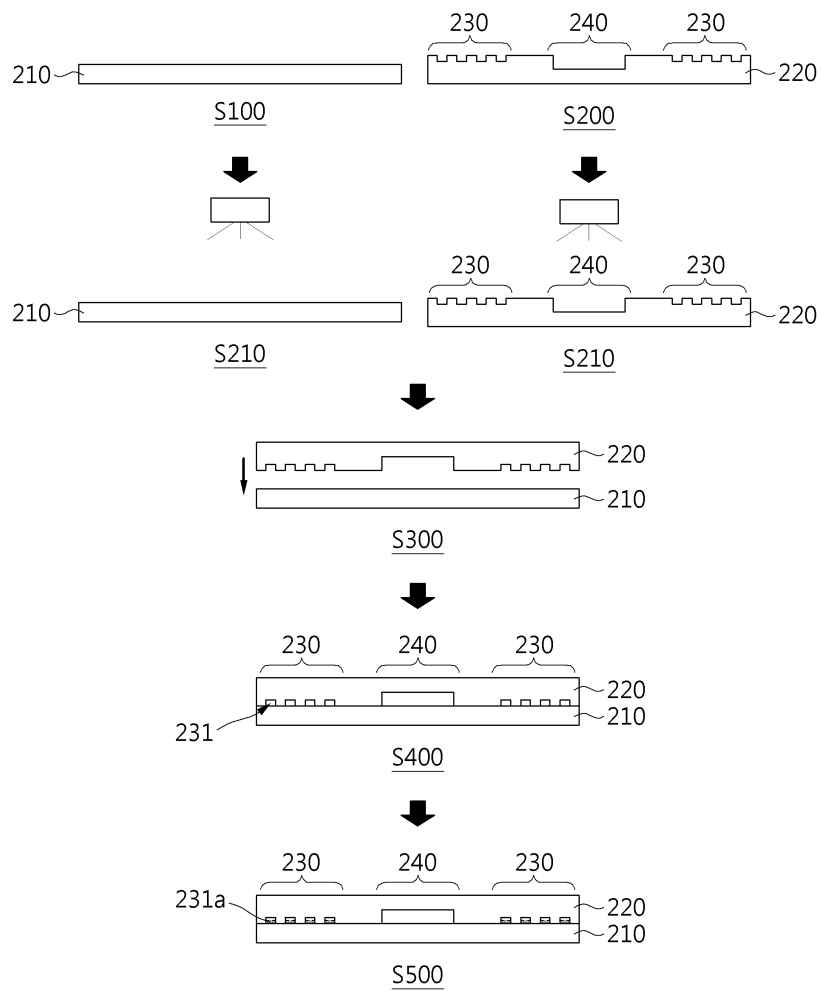
도면1e



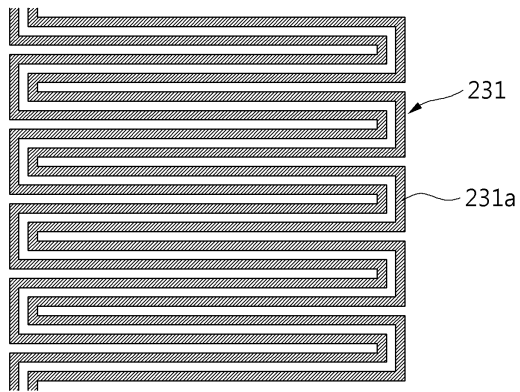
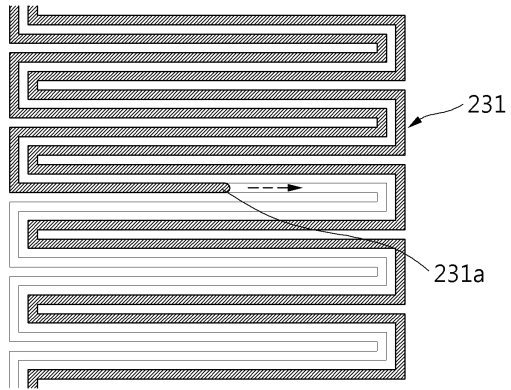
도면2a



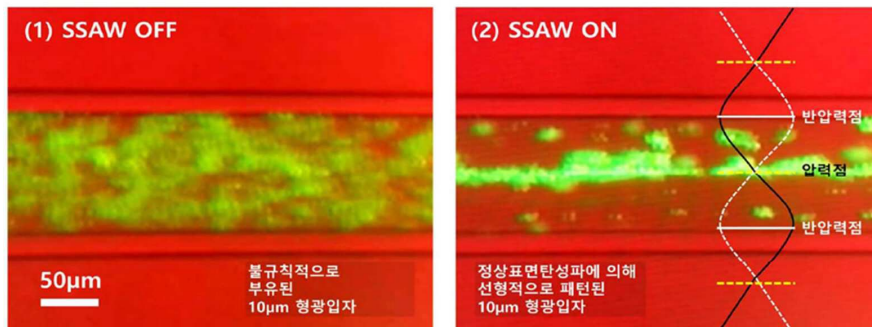
도면2b



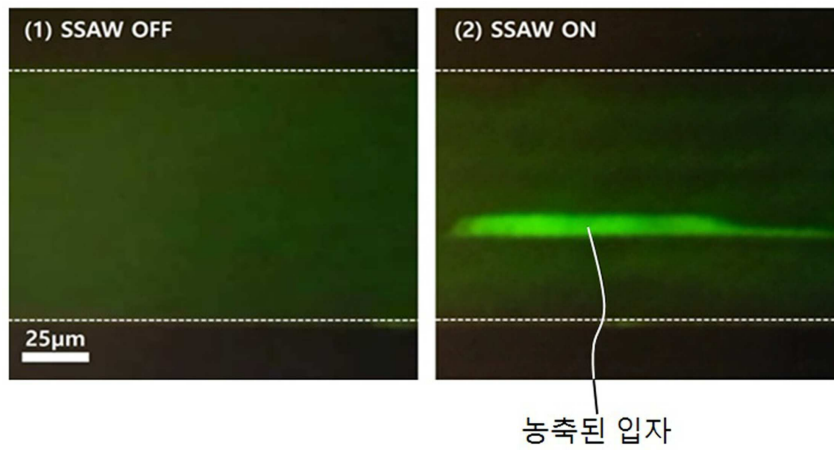
도면2c



도면3



도면4



도면5

