



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년12월16일
(11) 등록번호 10-2056402
(24) 등록일자 2019년12월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01L 3/00 (2006.01) G01N 27/416 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01L 3/502784 (2013.01)
B01L 3/502715 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0095301
(22) 출원일자 2018년08월16일
심사청구일자 2018년08월16일
(56) 선행기술조사문헌
JP2005270894 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
한양대학교 산학협력단
서울특별시 성동구 왕십리로 222(행당동, 한양대학교내)
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
곽노균
서울특별시 성동구 왕십리로 222(사근동)
최원준
서울특별시 성북구 안암로 145(안암동5가)
이상준
서울특별시 성북구 안암로 145(안암동5가)
(74) 대리인
양성보

전체 청구항 수 : 총 14 항

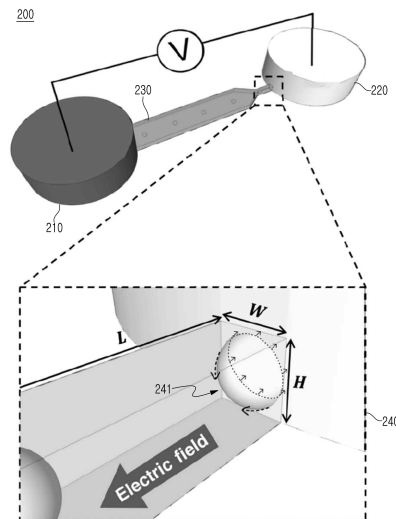
심사관 : 김민석

(54) 발명의 명칭 액적 생성 및 검출 시스템, 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 채널 내부에서 액적을 생성하는 동시에 액적의 상태 정보를 검출하는 일체형 시스템, 및 그 방법에 관한 것으로, 채널의 양측에 위치하는 서로 다른 두 유체가 접촉하는 계면에 전기장을 인가하여 채널 내부에서 액적을 생성하는 액적 생성부 및 상기 채널 내부에 전류 신호를 감지하여 액적의 상태 정보를 검출하는 액적 검출부를 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G01N 27/416 (2013.01)
B01L 2200/14 (2013.01)
B01L 2300/0627 (2013.01)
B01L 2300/0645 (2013.01)
B01L 2400/0415 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

JP2008515667 A
 KR1020110019141 A
 이상준, 강지윤, 최원준, 광노균. (2017). 전기장을 이용한 미소채널 내부 이물질 기반 이상유체 액적 생성 및 동시 모니터링 기술 개발. 대한기계학회 춘추학술대회, 114-117.*

KR1020170072748 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10080611
 부처명 과학기술정보통신부
 연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
 연구사업명 Industrial Technology Innovation Program
 연구과제명 자가 전원 기반 다중모드 환경 IoT 센서 통합플랫폼 개발
 기 여 율 3/10
 주관기관 건국대학교산학협력단
 연구기간 2018.04.01 ~ 2018.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017M1A2A2047475
 부처명 과학기술정보통신부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 거대과학연구개발사업 / 기후변화대응기술개발사업 / 기후변화대응 기초원천기술개발과제
 연구과제명 분리막 공정내 이온/유동흐름/막오염 최적화를 위한 실시간 내부 모니터링 및 분리막/모듈 최적화 기술 개발
 기 여 율 3/10
 주관기관 한양대학교
 연구기간 2017.09.15 ~ 2018.06.14

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2018R1D1A1B07047214
 부처명 교육부
 연구관리전문기관 (재)한국연구재단
 연구사업명 이공분야기초연구사업 / 이공학 개인기초연구지원사업 /기초연구(1년~5년)
 연구과제명 과전류 구간에서 작동하는 전기막담수화 시스템의 전기수력학적 모델 개발
 기 여 율 2/10
 주관기관 한양대학교
 연구기간 2018.06.01 ~ 2019.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R0006249
 부처명 산업통상자원부
 연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
 연구사업명 경제협력권산업육성사업
 연구과제명 스마트 홈 구현을 위한 온수분배기 시스템 개발
 기 여 율 2/10
 주관기관 (주)귀뚜라미-아산공장
 연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

채널의 양측에 위치하는 서로 다른 두 유체가 접촉하는 계면에 전기장을 인가하여 채널 내부에서 액적을 생성하는 액적 생성부; 및

상기 채널 내부에 전류 신호를 감지하여 액적의 상태 정보를 검출하는 액적 검출부를 포함하는 액적 생성 및 검출 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 액적 생성부는

서로 다른 두 종류의 유체가 각기 포함된 연속상(continuous phase)의 제1 저장소 및 분산상(dispersion phase)의 제2 저장소와 연결되는 채널 입구의 유체 계면에 전기장을 인가하고, 전기장의 세기에 따라 서로 다른 크기의 액적을 생성하는 것을 특징으로 하는 액적 생성 및 검출 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 액적 생성부는

상기 채널 내부에 형성된 상기 유체 계면에 전기 신호를 인가하고, 상기 채널의 폭, 높이, 모양에 따라 발생되는 계면장력보다 전기장에 의한 압력을 크게 인가하여 상기 채널 내부에서 액적을 생성하는 액적 생성 및 검출 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 액적 생성부는

계면장력에 비해 낮은 전기장을 인가하는 경우, 상기 채널 내부에서 비교적 크기가 큰 액적이 생성되고, 계면장력에 비해 높은 전기장을 인가하는 경우, 상기 채널 내부에서 비교적 크기가 작은 액적이 생성되는 것을 특징으로 하는 액적 생성 및 검출 시스템.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 액적 검출부는

액적이 생성되는 동안, 상기 제1 저장소 및 상기 제2 저장소에 포함된 전극으로부터 상기 채널 내부의 전류값 변화를 측정하는 액적 생성 및 검출 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 액적 검출부는

전류값 변화량으로부터 상기 채널 내부에서 생성되는 액적의 크기와 생성주기를 산출하며, 상기 산출된 액적의 크기 및 생성주기를 포함하는 상기 액적의 상태 정보를 검출하는 액적 생성 및 검출 시스템.

청구항 7

서로 다른 두 유체가 접촉하는 계면에 전기장을 인가하는 제1 저장소 및 제2 저장소;

상기 제1 저장소 및 상기 제2 저장소 각각에 연결되며, 상기 인가되는 전기장에 의해 내부에서 액적을 생성하는 채널; 및

채널 내부에 전류 신호를 감지하여 액적의 상태 정보를 검출하는 검출부를 포함하는 액적 생성 및 검출 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 액적은

상기 인가되는 전기장에 의한 압력이 계면장력보다 커지는 경우, 상기 채널 내부에서 계면의 위치가 실시간으로 변하여 생성되는 액적 생성 및 검출 시스템.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 검출부는

상기 채널 내부에서 액적이 생성되는 동안, 상기 제1 저장소 및 상기 제2 저장소에 포함된 전극으로부터 상기 채널 내부의 전류값 변화를 측정하고, 전류값 변화량으로부터 액적의 크기 및 생성주기를 포함하는 상기 액적의 상태 정보를 검출하는 액적 생성 및 검출 시스템.

청구항 10

액적의 생성 및 검출을 통합한 일체형 시스템의 동작 방법에 있어서,

채널의 양측에 위치하는 서로 다른 두 유체가 접촉하는 계면에 전기장을 인가하여 채널 내부에서 액적을 생성하는 단계; 및

상기 채널 내부에 전류 신호를 감지하여 액적의 상태 정보를 검출하는 단계를 포함하는 액적 생성 및 검출 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 액적을 생성하는 단계는

서로 다른 두 종류의 유체가 각기 포함된 연속상(continuous phase)의 제1 저장소 및 분산상(dispersion phase)의 제2 저장소와 연결되는 채널 입구의 유체 계면에 전기장을 인가하는 단계; 및

상기 채널에 인가되는 전기장의 세기에 따라 서로 다른 크기의 액적을 생성하는 단계

를 포함하는 액적 생성 및 검출 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 유체 계면에 전기장을 인가하는 단계는

상기 채널의 폭, 높이, 모양에 따라 발생하는 계면장력보다 전기장에 의한 압력을 크게 인가하는 액적 생성 및 검출 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 서로 다른 크기의 액적을 생성하는 단계는

계면장력에 비해 낮은 전기장이 인가되는 경우, 상기 채널 내부에서 비교적 크기가 큰 액적을 생성하고, 계면장력에 비해 높은 전기장이 인가되는 경우, 상기 채널 내부에서 비교적 크기가 작은 액적을 생성하는 것을 특징으로 하는 액적 생성 및 검출 방법.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 액적을 검출하는 단계는

액적이 생성되는 동안, 연속상(continuous phase)의 제1 저장소 및 분산상(dispersion phase)의 제2 저장소에 포함된 전극으로부터 상기 채널 내부의 전류값 변화를 측정하는 단계; 및

전류값의 변화량으로부터 상기 채널 내부에서 액적의 크기 및 생성주기를 산출하며, 상기 산출된 액적의 크기 및 생성주기를 포함하는 상기 액적의 상태 정보를 검출하는 단계

를 포함하는 액적 생성 및 검출 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 액적 생성 및 검출 시스템, 및 그 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 채널 내부에서 액적을 생성하는 동시에 액적의 상태 정보를 검출하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 유체 액적을 생성하는 종래 기술은 크게 두 가지로 구분된다. 첫째는, 두 종류의 유체를 다공성막의 양 쪽에 위치시킨 후, 압력을 가하여 하나의 유체를 막을 통과시켜 다른 유체의 내부로 주입하는 방법(membrane emulsification)이다. 두 번째는, 직선상의 채널에서 하나의 유체가 흐를 때, 다른 유체(쉬스 흐름(sheath flow))를 주입하여 유체 흐름에 의한 힘을 이용한 방법이다.

[0003] 다만, 상기 쉬스 흐름을 이용한 방법은 액적의 양에 비해서 비교적 많은 유체 샘플이 낭비된다는 단점이 존재한다.

[0004] 전술한 방법 외에, 기존의 전기수력학적 제팅 및 프린팅을 이용하여 액적을 생성하는 종래 기술은 액적이나 제팅의 크기를 조절하는 방법으로, 전기장을 인가하는 동시에 유동량을 조절하는 방법을 사용한다. 이는 액적을 생성하기 위하여 전기장을 이용하면서도 유동이 필요하기 때문에 쉬스 흐름을 이용한 방법과 같이 어느정도 유체가 낭비되는 측면이 존재한다. 또한, 기존의 전기수력학적 제팅 및 프린팅을 이용한 종래 기술은 비교적 매우 높은 전기장의 세기가 필요하므로, 안정적으로 액적을 생성하는 과정과, 향후 생성된 액적의 결과물을 컨트롤하는 과정에서 한계가 존재한다.

[0005] 또한, 일반적으로 유체 액적을 검출하는 종래 기술은 쿨터 카운터를 이용하여 전해질에 부유한 미지의 미립자들의 크기, 모양, 농도 및 표면 전하량의 물리적인 특성들을 측정한다. 다만, 채널 내부에서 액적들이 생성되는 경우, 액적의 크기 및 개수를 측정하기 위해서는 사용자가 광학 현미경을 이용하여 직접 채널 내부의 상황을 지속적으로 관찰해야 한다는 불편함이 있다. 또한, 액적들이 생성되는 속도가 빠른 경우, 액적들을 정확히 관찰하기 위해서는 광학 현미경과 더불어 고속 카메라와 같은 부가적인 장비들이 필요하다.

[0006] 나아가, 기존에는 유체 액적을 생성하고, 검출하는 위한 기술에 대한 연구가 미비하다. 육안으로 측정하기 어려운 크기와 빠른 속도로 생성되는 액적을 생성과 동시에 측정하기가 현실적으로 매우 어렵기 때문이다. 기존에는 액적을 생성과 동시에 측정 및 검출하기 위해서는, 부가적인 장비를 사용하였으며, 생성 이후에 액적을 측정하는 방법 또한 광학적, 화학적 특정 반응을 이용한 간접적인 방법만이 활용되었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명의 목적은 액적을 생성하는 동시에 검출 및 관찰할 수 있는 일체형 시스템 및 그 방법을 제공하고자 한다.
- [0008] 또한, 본 발명의 목적은 전기장을 이용하여 채널 내부에서 액적을 생성하며, 채널 내부에서 액적이 생성되는 과정에서 지속적으로 변화하는 전기 신호를 측정하여 액적의 크기 및 생성주기를 포함하는 상태 정보를 간접적으로 검출하는 시스템 및 그 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템은 채널의 양측에 위치하는 서로 다른 두 유체가 접촉하는 계면에 전기장을 인가하여 채널 내부에서 액적을 생성하는 액적 생성부 및 상기 채널 내부에 전류 신호를 감지하여 액적의 상태 정보를 검출하는 액적 검출부를 포함한다.
- [0010] 상기 액적 생성부는 서로 다른 두 종류의 유체가 각기 포함된 연속상(continuous phase)의 제1 저장소 및 분산상(dispersion phase)의 제2 저장소와 연결되는 채널 입구의 유체 계면에 전기장을 인가하고, 전기장의 세기에 따라 서로 다른 크기의 액적을 생성할 수 있다.
- [0011] 상기 액적 생성부는 상기 채널 내부에 형성된 상기 유체 계면에 전기 신호를 인가하고, 상기 채널의 폭, 높이, 모양에 따라 발생하는 계면장력보다 전기장에 의한 압력을 크게 인가하여 상기 채널 내부에서 액적을 생성할 수 있다.
- [0012] 상기 액적 생성부는 계면장력에 비해 낮은 전기장을 인가하는 경우, 상기 채널 내부에서 비교적 크기가 큰 액적이 생성되고, 계면장력에 비해 높은 전기장을 인가하는 경우, 상기 채널 내부에서 비교적 크기가 작은 액적이 생성될 수 있다.
- [0013] 상기 액적 검출부는 액적이 생성되는 동안, 상기 제1 저장소 및 상기 제2 저장소에 포함된 전극으로부터 상기 채널 내부의 전류값 변화를 측정할 수 있다.
- [0014] 상기 액적 검출부는 전류값 변화량으로부터 상기 채널 내부에서 생성되는 액적의 크기와 생성주기를 산출하며, 상기 산출된 액적의 크기 및 생성주기를 포함하는 상기 액적의 상태 정보를 검출할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템은 서로 다른 두 유체가 접촉하는 계면에 전기장을 인가하는 제1 저장소 및 제2 저장소, 상기 제1 저장소 및 상기 제2 저장소 각각에 연결되며, 상기 인가되는 전기장에 의해 내부에서 액적을 생성하는 채널 및 채널 내부에 전류 신호를 감지하여 액적의 상태 정보를 검출하는 검출부를 포함한다.
- [0016] 상기 액적은 상기 인가되는 전기장에 의한 압력이 계면장력보다 커지는 경우, 상기 채널 내부에서 계면의 위치가 실시간으로 변하여 생성될 수 있다.
- [0017] 상기 검출부는 상기 채널 내부에서 액적이 생성되는 동안, 상기 제1 저장소 및 상기 제2 저장소에 포함된 전극으로부터 상기 채널 내부의 전류값 변화를 측정하고, 전류값 변화량으로부터 액적의 크기 및 생성주기를 포함하는 상기 액적의 상태 정보를 검출할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 액적의 생성 및 검출을 통합한 일체형 시스템의 동작 방법에 있어서, 채널의 양측에 위치하는 서로 다른 두 유체가 접촉하는 계면에 전기장을 인가하여 채널 내부에서 액적을 생성하는 단계 및 상기 채널 내부에 전류 신호를 감지하여 액적의 상태 정보를 검출하는 단계를 포함한다.
- [0019] 상기 액적을 생성하는 단계는 서로 다른 두 종류의 유체가 각기 포함된 연속상(continuous phase)의 제1 저장소 및 분산상(dispersion phase)의 제2 저장소와 연결되는 채널 입구의 유체 계면에 전기장을 인가하는 단계 및 상기 채널에 인가되는 전기장의 세기에 따라 서로 다른 크기의 액적을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0020] 상기 유체 계면에 전기장을 인가하는 단계는 상기 채널의 폭, 높이, 모양에 따라 발생하는 계면장력보다 전기장에 의한 압력을 크게 인가할 수 있다.
- [0021] 상기 서로 다른 크기의 액적을 생성하는 단계는 계면장력에 비해 낮은 전기장이 인가되는 경우, 상기 채널 내부에서 비교적 크기가 큰 액적을 생성하고, 계면장력에 비해 높은 전기장이 인가되는 경우, 상기 채널 내부에서 비교적 크기가 작은 액적을 생성할 수 있다.

[0022] 상기 액적을 검출하는 단계는 액적이 생성되는 동안, 연속상(continuous phase)의 제1 저장소 및 분산상(dispersion phase)의 제2 저장소에 포함된 전극으로부터 상기 채널 내부의 전류값 변화를 측정하는 단계 및 전류값의 변화량으로부터 상기 채널 내부에서 액적의 크기 및 생성주기를 산출하며, 상기 산출된 액적의 크기 및 생성주기를 포함하는 상기 액적의 상태 정보를 검출하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명의 실시예에 따르면, 소량의 유체들을 이용하여 액적을 생성하고, 생성되는 액적에 의해 발생하는 전기 신호를 분석하여 액적의 크기 및 생성주기의 물리적인 특징들을 검출 및 관찰할 수 있다.

[0024] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 전기장을 이용하여 유체의 흐름없이 채널 내부에서 액적을 생성하며, 채널 내부를 가시화시킬 필요없이 생성 과정에서 지속적으로 변화하는 전기 신호를 측정하여 액적의 크기 및 생성주기의 상태 정보를 간접적으로 검출할 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 시각적인 데이터 없이도 전기적인 신호만을 이용하여 생성되는 액적들의 크기 및 생성 주기의 상태 정보를 정교하게 측정할 수 있다.

[0026] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 유동 제어장치, 광학 현미경, 고속 카메라와 같은 시각화 장치 없이도, 채널 내부에서 원하는 크기의 액적을 생성하는 동시에 액적 내부에 미립자들을 포함시켜 이동시키거나 미지의 미립자들을 센싱하는 쿨터 카운터 플랫폼으로 활용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템의 세부 구성을 블록도로 도시한 것이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템의 개략도를 도시한 것이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 액적 생성에 따른 전기 신호의 변화를 그래프로 도시한 것이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 전기장의 세기에 따라 변화하는 액적의 크기 및 전류값에 대한 이미지 및 그래프를 도시한 것이다.

도 5a 및 도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 액적 생성 가능 범위를 도시한 것이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 액적의 크기를 비교한 결과 그래프를 도시한 것이다.

도 7 내지 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 방법의 흐름도를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 또한, 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0030] 본 발명의 실시예들은 채널 내부에 전기장을 인가하여 유체의 흐름없이 액적을 생성하며, 액적을 생성하는 동시에 액적을 관찰하는 액적 생성 및 검출 일체형 시스템을 그 요지로 한다.

[0031] 이를 위해, 본 발명의 실시예들은, 전기장을 이용하여 5 μ L 이하의 소량의 유체들로도 액적을 생성할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예들은 액적이 생성되면서 나타나는 전기 신호를 실시간으로 분석하여 액적의 크기 및 생성주기의 물리적인 특징을 검출할 수 있다. 이는 기존에 유동생성장치 및 현미경의 장비를 동시에 사용하여 액적을 생성하는 즉시 검출하는 플랫폼에서 벗어나, 계면에 전기장을 작용시키며, 채널 내부에 흐르는 전류를 측정하여 소량의 유체와 간략한 플랫폼만으로도 액적을 생성하고, 검출 및 측정할 수 있다.

[0032] 이하에서는, 도 1 내지 도 9를 참조하여 본 발명에 대해 보다 상세히 설명하고자 한다.

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템의 세부 구성을 블록도로 도시한 것이다.

[0035] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템은 채널 내부에서 액적을 생성하는 동시에 액적의 상태 정보를 검출한다.

[0036] 이를 위해, 본 발명의 일 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템(100)은 액적 생성부(110) 및 액적 검출부(120)를 포함한다.

- [0037] 액적 생성부(110)는 채널의 양측에 위치하는 서로 다른 두 유체가 접촉하는 계면에 전기장을 인가하여 채널 내부에서 액적을 생성한다.
- [0038] 구체적으로, 액적 생성부(110)는 서로 다른 두 종류의 유체가 각기 포함된 연속상(continuous phase)의 제1 저장소 및 분산상(dispersion phase)의 제2 저장소와 연결되는 채널 입구의 유체 계면에 전기장을 인가하고, 전기장의 세기에 따라 서로 다른 크기의 액적을 생성할 수 있다.
- [0039] 예를 들면, 채널을 기준으로 양쪽에 연속상(continuous phase)의 제1 저장소와 분산상(dispersion phase)의 제2 저장소가 각기 위치할 수 있으며, 채널은 제1 저장소 및 제2 저장소에 각기 연결된 형태일 수 있다. 또한, 제1 저장소 및 제2 저장소 각각에는 서로 다른 종류의 유체가 포함될 수 있으며, 채널 내부에는 서로 다른 두 종류의 유체가 흐를 수 있다.
- [0040] 제1 저장소 및 제2 저장소 각각에 연결된 채널 내부에서 서로 다른 두 종류의 유체에 의해 계면이 형성되는 경우, 액적 생성부(110)는 채널 내부에 형성된 유체 계면에 전기 신호를 인가할 수 있다. 이 때, 계면은 전기장에 의한 압력으로 인해 전기장 방향으로 이동하려는 힘과, 계면장력으로 인해 원래의 모양을 유지하려는 힘을 동시에 받게 된다. 전기장에 의한 압력이 계면장력보다 커지는 경우에 채널 내부에서 계면의 위치 및 형상이 실시간으로 변하며 액적이 생성되는 현상이 나타날 수 있다.
- [0041] 이로 인해, 액적 생성부(110)는 채널 입구의 폭, 높이, 모양에 따라 발생하는 계면장력보다 큰 전기장을 인가하여 채널 내부에서 액적을 생성할 수 있다. 이 때, 액적 생성부(110)는 계면장력에 비해 낮은 전기장을 인가하는 경우, 채널 내부에서 비교적 크기가 큰 액적이 생성되고, 계면장력에 비해 높은 전기장을 인가하는 경우, 채널 내부에서 비교적 크기가 작은 액적이 생성될 수 있다.
- [0042] 실시예에 따라서, 액적을 생성하는 상기 두 종류의 유체 즉, 액적 원료 물질 각각은 아세톤, 클로로폼 또는 에스테르류 용액에 용해된 약물, 단백질, 치료용 물질(therapeutic material)을 포함하는 고분자 물질 또는 생분해성 고분자 물질일 수 있으며, 약물, 단백질, 치료용 물질의 분비(release) 속도 조절을 위해 생분해성 고분자 물질의 분해 속도를 촉진 또는 감쇠시키는 첨가제를 더 포함할 수도 있다. 다만, 본 발명이 적용되는 실시예에 따라 유체의 물질 종류는 변경되어 적용 가능하므로, 전술한 바에 한정되지 않는다.
- [0043] 본 발명의 일 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템(100)의 액적 생성부(110)는 기존의 쉬스 흐름 대신에 서로 다른 유체가 맞닿아 있는 계면에 전기장을 인가하여 전기적인 압력에 의해 액적을 생성할 수 있다. 보다 구체적으로, 서로 다른 두 유체가 흐르는 채널 내부에서, 계면이 전기장에 의해 움직임을 나타내면, 채널 입구의 서로 다른 폭, 높이, 모양에 의해서 계면의 움직임을 방해하는 계면장력이 형성될 수 있다. 이 때, 전기장에 의한 압력과 계면장력이 서로 경쟁하며, 본 발명의 일 실시예에 따른 액적 생성부(110)는 계면장력 보다 강한 전기장을 인가하여 채널 내부에서 액적을 생성할 수 있다. 이는 지속적인 유동이 필요한 기존의 쉬스 흐름과는 다르게 전기장을 이용하는 방법이며, 서로 다른 두 유체가 정지한 상태에서도 계면이 전기장에 의한 움직임이 가능하므로, 기존의 쉬스 흐름을 이용한 액적 생성 방식과 비교하여 매우 적은 양의 유체로도 액적을 생성할 수 있다.
- [0044] 다시 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템(100)의 액적 검출부(120)는 채널 내부에 전류 신호를 감지하여 액적의 상태 정보를 검출한다.
- [0045] 구체적으로, 액적 생성부(110)에 의해 채널 내부에서 액적이 생성되는 동안, 액적 검출부(120)는 연속상(continuous phase)의 제1 저장소 및 분산상(dispersion phase)의 제2 저장소 각각에 포함된 전극으로부터 채널 내부의 전류값 변화를 측정할 수 있다.
- [0046] 예를 들어 서로 다른 두 유체가 서로 다른 전기 전도도를 갖는 경우, 액적이 생성되기 위해 계면의 위치가 변하는 과정에서 채널 내부의 유체 구성비가 변화하고, 이로 인해 전체 채널의 전기저항이 실시간으로 변화하게 된다.
- [0047] 본 발명의 일 실시예에 따른 액적 검출부(120)는 전기장으로 인해 계면의 위치가 실시간으로 변하면서 변동되는 채널 내부의 전기저항을 분석하여 각 시점에서 채널 내부의 유체 구성비를 산출할 수 있으며, 산출된 구성비를 이용하여 채널 내부에서 계면의 위치를 역을 산출할 수 있다.
- [0048] 이에, 액적 검출부(120)는 채널 전체에 흐르는 전류값 변화량으로부터 채널 내부에서 생성되는 액적의 위치, 크기, 개수 및 생성주기를 산출하며, 산출된 액적의 위치, 크기, 개수 및 생성주기 중 적어도 어느 하나 이상을 포함하는 액적의 상태 정보를 검출할 수 있다.

- [0049] 본 발명의 일 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템(100)은 전기장을 이용하여 액적을 생성하므로, 액적이 생성되는 과정에서 채널 내부에 전류가 흐르게 된다. 계면을 형성하고 있는 두 종류의 유체가 서로 다른 전기전도도를 갖는 경우, 채널 내부에 흐르는 전류는 채널 내부를 구성하고 있는 유체들의 유체 구성비에 의해 영향을 받으며, 계면이 지속적으로 움직이면서 액적이 생성되는 과정에서 채널 내부에 흐르는 전류의 양도 계속적으로 변화할 수 있다.
- [0050] 이 때, 액적 검출부(120)는 지속적으로 변화하는 전류량을 측정하며, 채널 내부에서 생성되는 액적의 크기와 개수를 전기적인 신호로 감지할 수 있다. 이로 인해 액적 검출부(120)는 시각적인 데이터 없이도, 전기적인 신호를 이용하여 생성되는 액적의 위치, 크기, 개수 및 생성 주기 중 적어도 어느 하나 이상을 포함하는 상태 정보를 정교하게 검출 및 측정할 수 있다.
- [0052] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템의 개략도를 도시한 것이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 액적 생성에 따른 전기 신호의 변화를 그래프로 도시한 것이다.
- [0053] 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템(200)은 서로 다른 두 유체가 접촉하는 계면에 전기장을 인가하는 제1 저장소(210) 및 제2 저장소(220)와 액적을 생성하는 채널(230)을 포함한다.
- [0054] 제1 저장소(210) 및 제2 저장소(220)는 서로 다른 두 유체가 접촉하는 계면에 전기장을 인가한다. 이 때, 제1 저장소(210)는 연속상(continuous phase)이고, 제2 저장소(220)는 분산상(dispersion phase)일 수 있으며, 제1 저장소 및 제2 저장소 각각에는 서로 다른 종류의 유체가 포함될 수 있다.
- [0055] 실시예에 따라서, 액적을 생성하는 상기 두 종류의 유체 즉, 액적 원료 물질 각각은 아세톤, 클로로폼 또는 에스테르류 용액에 용해된 약물, 단백질, 치료용 물질(therapeutic material)을 포함하는 고분자 물질 또는 생분해성 고분자 물질일 수 있으며, 약물, 단백질, 치료용 물질의 분비(release) 속도 조절을 위해 생분해성 고분자 물질의 분해 속도를 촉진 또는 감쇠시키는 첨가제를 더 포함할 수도 있다. 다만, 본 발명이 적용되는 실시예에 따라 유체의 물질 종류는 변경되어 적용 가능하므로, 전술한 바에 한정되지 않는다.
- [0056] 채널(230)은 제1 저장소(210) 및 제2 저장소(220) 각각에 연결되며, 인가되는 전기장에 의해 내부에서 액적을 생성한다. 상기 액적은 인가되는 전기장에 의한 압력이 계면장력보다 커지는 경우, 채널 내부에서 유체 계면(241)의 위치가 실시간으로 변하여 생성될 수 있다.
- [0057] 도 2를 참조하면, 서로 다른 두 유체가 흐르는 채널 내부(230)에서, 유체 계면(241)이 전기장(Electric field)에 의해 움직임을 나타내면, 채널 입구(240)의 서로 다른 높이 H, 너비 W, 길이 L, 모양에 의해서 유체 계면(241)의 움직임을 방해하는 계면장력이 형성될 수 있다. 이 때, 본 발명의 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템(200)은 제1 저장소(210) 및 제2 저장소(220)를 통해 채널 내부(230)로 계면장력보다 큰 전기장을 인가하여 액적을 생성할 수 있다. 이로 인해, 본 발명의 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템(200)은 채널 내부(230)에서 유체의 흐름이 없는 정적인 상태에서도 액적을 생성할 수 있다.
- [0058] 나아가, 본 발명의 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템(200)은 채널 내부에 전류 신호를 감지하여 액적의 상태 정보를 검출하는 검출부(미도시)를 더 포함한다.
- [0059] 채널 내부(230)에서 액적이 생성되는 동안, 상기 검출부는 제1 저장소(210) 및 제2 저장소(220)에 포함된 전극으로부터 채널 내부의 전류값 변화를 측정할 수 있다. 예를 들면, 채널 내부(230)에 흐르는 전기장(Electric field)에 의해 액적이 생성되면, 채널 내부(230)의 전류값이 변화할 수 있으며, 상기 검출부는 도 3에 도시된 바와 같이 채널 내부(230)의 변동되는 전류 신호를 감지할 수 있다.
- [0060] 도 3을 참조하면, 분산상(dispersion phase)인 제2 저장소(220)의 전기전도도가 연속상(continuous phase)인 제1 저장소(210)의 전기전도도 보다 높다고 가정한다면, 액적이 생성되는 과정 즉, 계면(241)이 채널 내부(230)로 이동하는 과정에서 전류값이 증가(310)하고, 액적이 생성된 후 계면(241)이 원위치로 돌아가는 과정에서 전류값이 감소(320)할 수 있다.
- [0061] 이에, 상기 검출부는 액적이 생성되는 과정 동안 전술한 바와 같은 변동되는 전기 신호를 감지하고, 전류값 변화량의 진폭으로부터 계면(241)이 채널 내부(230)에서 이동한 거리 즉, 액적의 크기를 검출하고, 전류값 변화량의 피크 수로부터 생성된 액적의 개수 및 생성주기를 검출할 수 있다.
- [0063] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 전기장의 세기에 따라 변화하는 액적의 크기 및 전류값에 대한 이미지 및 그래프를 도시한 것이다.

- [0064] 본 발명의 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템에 의해, 채널 내부에서 생성되는 액적은 채널 내부에 작용하는 전기장의 세기에 따라 변화할 수 있다.
- [0065] 도 4를 참조하면, 전기장의 세기가 40V인 경우, 계면에 작용하는 전기장에 의한 압력이 계면장력을 압도하지 못하여 계면이 채널 내부에서 느리게 이동하는 것을 확인할 수 있으며, 결과적으로 크기가 큰 액적이 생성될 수 있다.
- [0066] 반면에, 전기장의 세기가 70V인 경우, 계면에 작용하는 전기장에 의한 압력이 계면장력을 압도하여 계면이 채널 내부에서 비교적 빠른 속도로 움직이는 것을 확인할 수 있으며, 결과적으로 크기가 비교적 작은 액적이 생성될 수 있다.
- [0067] 또한 도 4에 도시된 바와 같이, 40V, 70V의 각 전기장 세기에서 채널 내부에 흐르는 전류값은 계면의 움직임이 있는 경우에 끊임없이 변화할 수 있다. 예를 들면, 전기장의 세기가 40V인 경우, 큰 액적이 생성되므로, 전류값이 나타내는 피크의 진폭값이 전기장의 세기가 70V인 경우보다 큰 것을 알 수 있다. 또한, 전기장의 세기가 70V인 경우, 같은 시간 동안에 생성되는 액적의 수가 전기장의 세기가 40V인 경우보다 더 많으므로 같은 시간(1초) 동안 더 많은 전류값의 피크 수를 나타내는 것을 알 수 있다.
- [0068] 이로 인해, 전류값이 액적의 위치, 크기, 개수 및 생성주기 중 적어도 어느 하나 이상과 직접적인 관계가 있는 것을 알 수 있으며, 본 발명의 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템은 채널 내부에서 감지되는 전류 신호(전류값)를 이용하여 생성되는 액적의 위치, 크기, 개수 및 생성주기 중 적어도 어느 하나 이상을 포함하는 상태 정보를 검출할 수 있다.
- [0070] 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 액적 생성 가능 범위를 도시한 것이다.
- [0071] 보다 상세하게는, 도 5a는 전기장의 세기(voltage)와 채널 크기(channel dimension)에 따른 액적 생성 가능 범위를 도시한 것이고, 도 5b는 채널 크기(channel dimension)와 전기적 웨버수(electrical weber number)에 따른 액적 생성 가능 범위를 도시한 것이다.
- [0072] 도 5a 및 도 5b의 그래프에서 'O'로 나타난 dripping은 액적이 깔끔하게 생성되는 범위를 나타내고, 'X'는 계면장력이 전기장에 의한 압력보다 강해 액적이 생성되지 않는 범위를 나타내며, '△'는 전기장에 의한 압력이 계면장력보다 훨씬 강해 액적이 제팅 형식으로 불안정하게 생성되는 범위를 나타낸다.
- [0073] 도 5a를 참조하면, 서로 다른 크기를 갖는 채널 내부에서, 전기장의 세기를 변화시켜주는 경우, 액적이 생성되는 범위는 나타낸다. 이 때, y축은 채널의 종횡비에 해당하는 L / DH ($DH = 2WH / (W + H)$) 값을 나타내고, x축은 채널에 인가되는 전기장의 세기를 나타낸다.
- [0074] 도 5b를 참조하면, 전기장에 의한 압력과 계면장력의 비율을 나타내는 전기적 웨버수에 따라 액적이 생성되는 범위를 나타낸다. 전기적 웨버수가 1보다 작은 경우, 계면장력의 크기가 전기장에 의한 전기적 압력의 크기보다 강해 액적이 생성되지 않는 것을 알 수 있다. 또한, 전기적 웨버수가 1을 넘는 경우, 계면에 작용하는 전기적 압력의 크기가 계면장력의 크기보다 강해져 액적이 효율적으로 생성되는 것을 알 수 있다. 반면에, 전기적 웨버수가 10 이상의 경우에는 전기적 압력의 크기가 너무 강해 액적이 제팅 형식으로 불안정적으로 생성되는 것을 알 수 있다.
- [0075] 즉, 본 발명의 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템은 도 5a 및 도 5b에서 'O'로 나타난 액적 생성 가능 범위에서 액적을 효율적으로 생성할 수 있다.
- [0077] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 액적의 크기를 비교한 결과 그래프를 도시한 것이다.
- [0078] 보다 상세하게는, 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템을 통해, 도 4에서 측정한 전류값 변화폭을 이용하여 산출한 액적의 크기와 광학 현미경으로 직접 채널 내부에서 액적이 생성되는 과정을 관찰하여 측정한 액적의 크기를 비교한 결과 그래프를 도시한 것이다.
- [0079] 도 6을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템이 도 5a 및 도 5b에서 액적 생성 범위에 해당하는 40V 내지 80V의 전기장 세기를 채널에 인가하는 경우, 전기장의 세기가 증가할수록 생성되는 액적의 크기가 작아지는 것을 알 수 있다. 또한, 도 6에 도시된 바와 같이, 전기신호를 이용하여 산출한 액적의 크기(electrically measured radius)가 광학적으로 직접 측정한 크기(optically measured radius)와 거의 유사하다는 것을 알 수 있다.

- [0081] 도 7 내지 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 방법의 흐름도를 도시한 것이다.
- [0082] 도 7 내지 도 9에 도시된 방법은 도 1의 본 발명의 일 실시예에 따른 액적 생성 및 검출 시스템에 의해 수행된다.
- [0083] 도 7을 참조하면, 단계 710에서, 채널의 양측에 위치하는 서로 다른 두 유체가 접촉하는 계면에 전기장을 인가하여 채널 내부에서 액적을 생성한다.
- [0084] 도 8을 참조하면, 단계 710은 단계 711 및 단계 712를 포함할 수 있다.
- [0085] 단계 711에서, 서로 다른 두 종류의 유체가 각기 포함된 연속상(continuous phase)의 제1 저장소 및 분산상(dispersion phase)의 제2 저장소와 연결되는 채널 입구의 유체 계면에 전기장을 인가할 수 있다.
- [0086] 단계 711은 채널의 폭, 높이, 모양에 따라 발생하는 계면장력보다 전기장에 의한 압력을 크게 인가하는 단계일 수 있다. 이 때, 계면은 전기장에 의한 압력으로 인해 전기장 방향으로 이동하려는 힘과, 계면장력으로 인해 원래의 모양을 유지하려는 힘을 동시에 받게 된다. 전기장에 의한 압력이 계면장력보다 커지는 경우에 채널 내부에서 계면의 위치 및 형상이 실시간으로 변하며 액적이 생성되는 현상이 나타날 수 있다.
- [0087] 단계 712에서, 채널에 인가되는 전기장의 세기에 따라 서로 다른 크기의 액적을 생성할 수 있다.
- [0088] 이 때, 단계 712는 계면장력에 비해 낮은 전기장이 인가되는 경우, 채널 내부에서 비교적 크기가 큰 액적을 생성하고, 계면장력에 비해 높은 전기장이 인가되는 경우, 채널 내부에서 비교적 크기가 작은 액적을 생성하는 단계일 수 있다.
- [0089] 실시예에 따라서, 액적을 생성하는 상기 두 종류의 유체 즉, 액적 원료 물질 각각은 아세톤, 클로로폼 또는 에스테르류 용액에 용해된 약물, 단백질, 치료용 물질(therapeutic material)을 포함하는 고분자 물질 또는 생분해성 고분자 물질일 수 있으며, 약물, 단백질, 치료용 물질의 분비(release) 속도 조절을 위해 생분해성 고분자 물질의 분해 속도를 촉진 또는 감쇠시키는 첨가제를 더 포함할 수도 있다. 다만, 본 발명이 적용되는 실시예에 따라 유체의 물질 종류는 변경되어 적용 가능하므로, 전술한 바에 한정되지 않는다.
- [0090] 단계 720에서, 채널 내부에 전류 신호를 감지하여 액적의 상태 정보를 검출한다.
- [0091] 도 9를 참조하면, 단계 720은 단계 721 및 단계 722를 포함할 수 있다.
- [0092] 단계 721에서, 액적이 생성되는 동안, 연속상(continuous phase)의 제1 저장소 및 분산상(dispersion phase)의 제2 저장소에 포함된 전극으로부터 채널 내부의 전류값 변화를 측정할 수 있다.
- [0093] 단계 722에서, 전류값의 변화량으로부터 채널 내부에서 액적의 크기 및 생성주기를 산출하며, 산출된 액적의 크기 및 생성주기를 포함하는 액적의 상태 정보를 검출할 수 있다.
- [0094] 예를 들면, 단계 722는 전기장으로 인해 계면의 위치가 실시간으로 변하면서 변동되는 채널 내부의 전기저항을 분석하여 각 시점에서 채널 내부의 유체 구성비를 산출할 수 있으며, 산출된 구성비를 이용하여 채널 내부에서 계면의 위치를 역을 산출할 수 있다.
- [0095] 전술한 바와 같은 과정으로, 단계 722는 채널 전체에 흐르는 전류값 변화량으로부터 채널 내부에서 생성되는 액적의 위치, 크기, 개수 및 생성주기를 산출하며, 산출된 액적의 위치, 크기, 개수 및 생성주기 중 적어도 어느 하나 이상을 포함하는 액적의 상태 정보를 검출할 수 있다.
- [0097] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0099] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

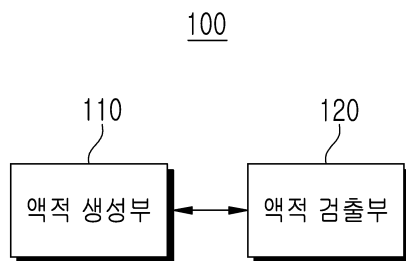
부호의 설명

- [0100] 100, 200: 액적 생성 및 검출 시스템

- 210: 제1 저장소(또는 연속상(continuous phase))
- 220: 제2 저장소(또는 분산상(dispersion phase))
- 230: 채널 또는 채널 내부
- 240: 채널 입구
- 241: 유체 계면

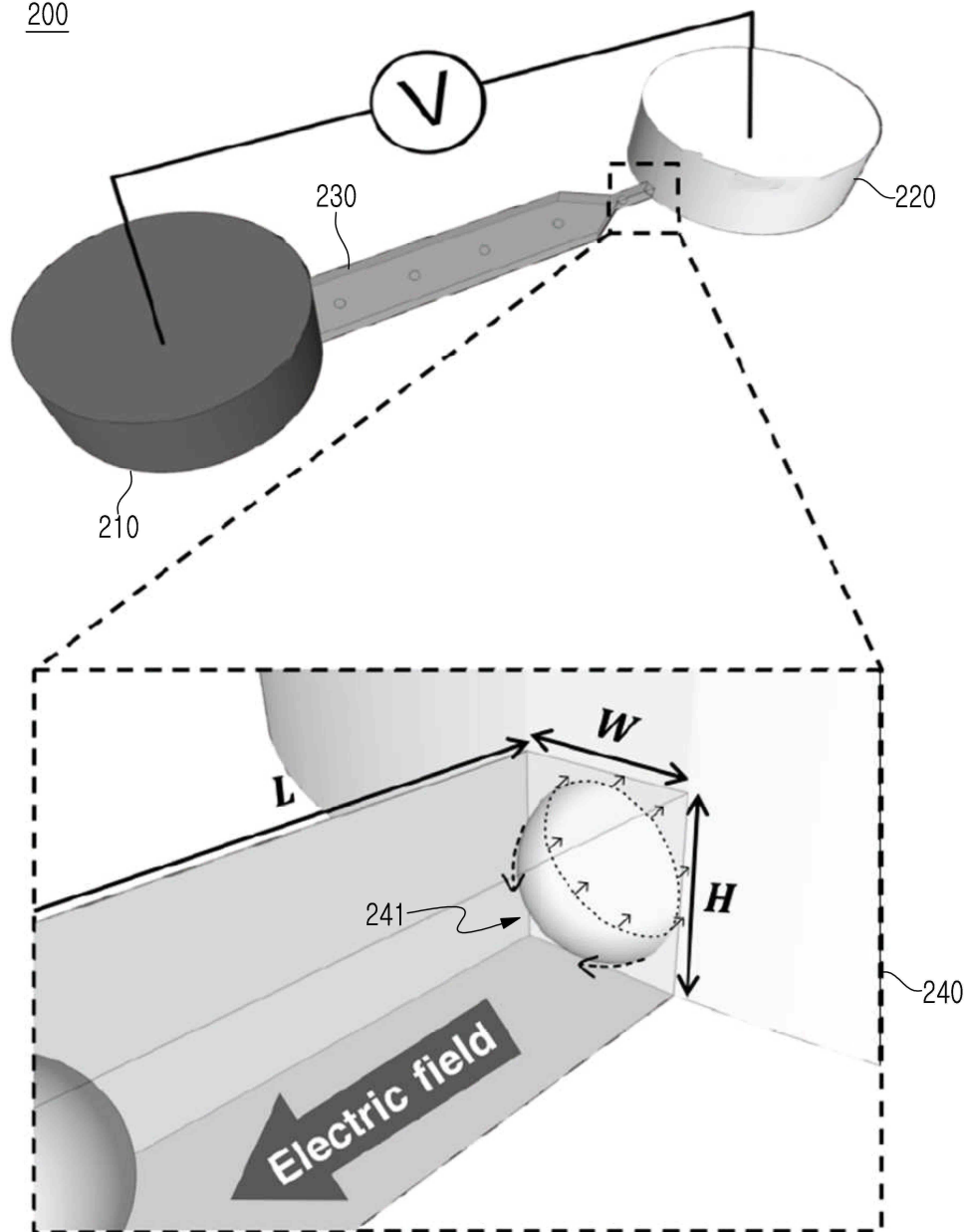
도면

도면1

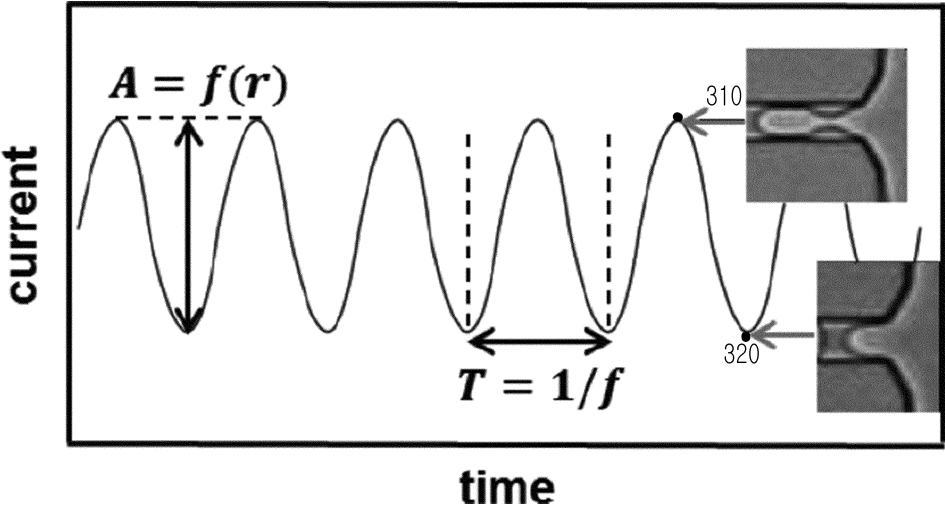


도면2

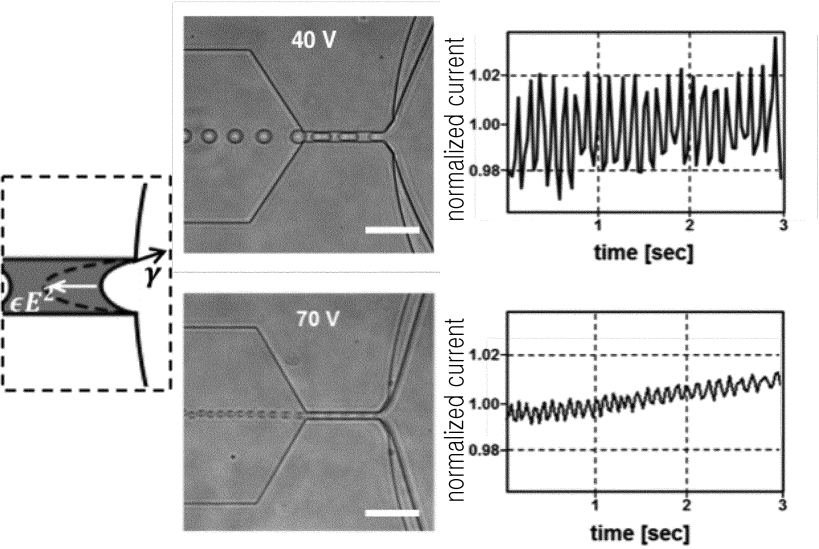
200



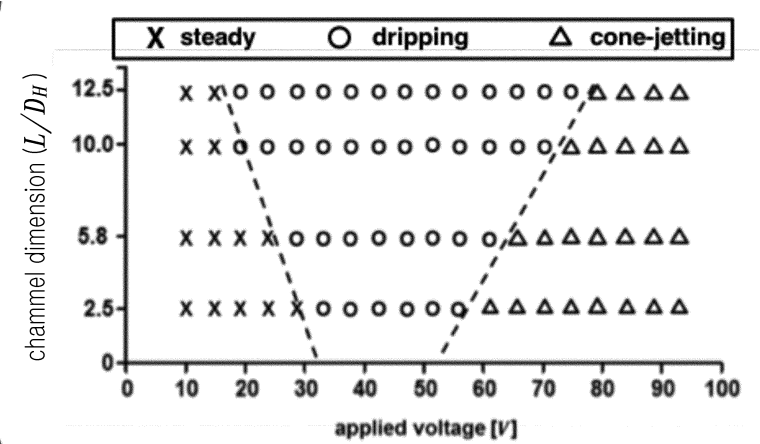
도면3



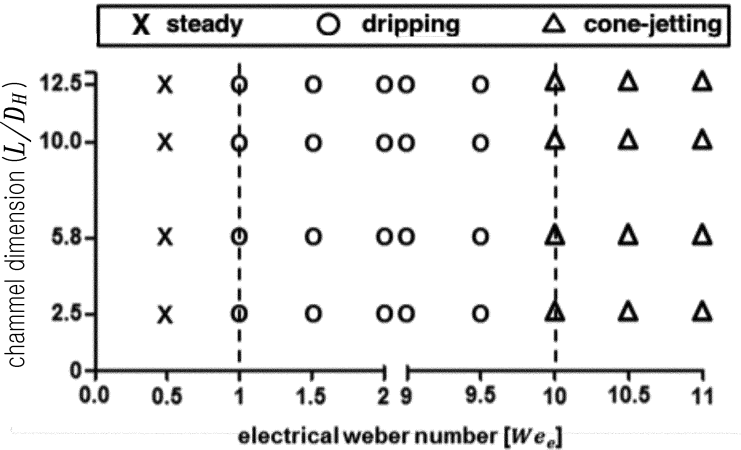
도면4



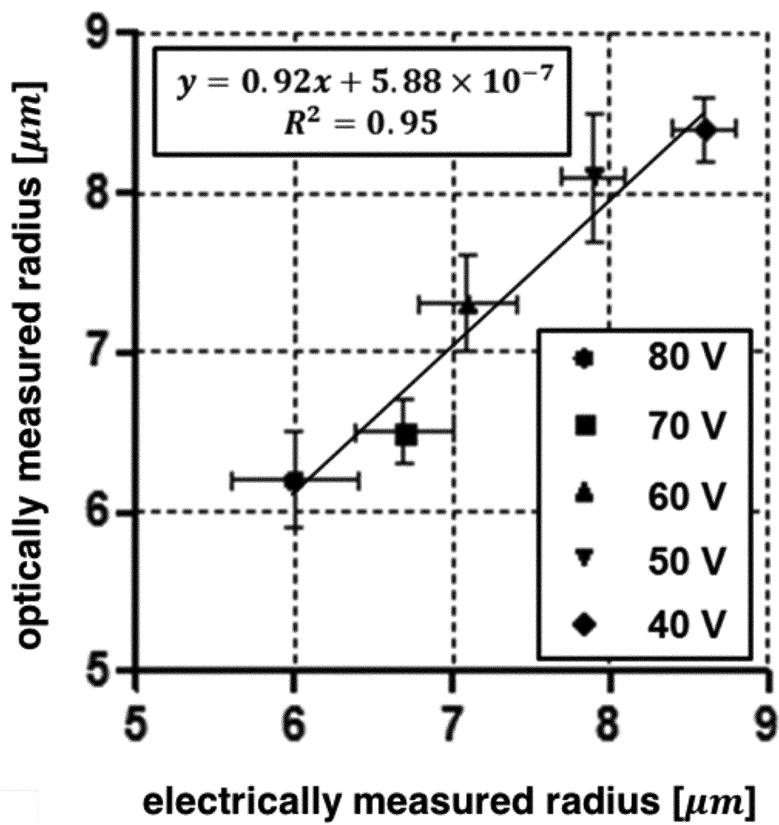
도면5a



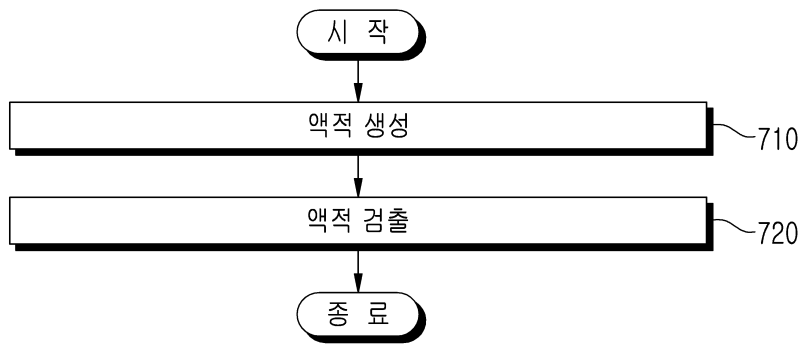
도면5b



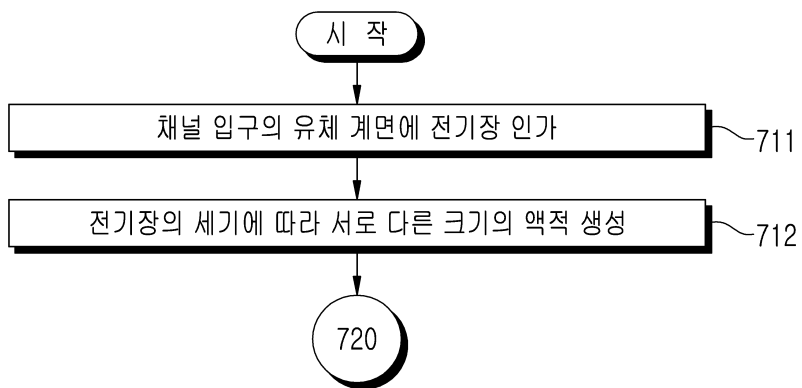
도면6



도면7



도면8



도면9

