(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0090507
(43) 공개일자 2020년07월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01L 3/00 (2006.01) *G01N 35/08* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01L 3/502761 (2013.01)
G01N 35/085 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0007611
(22) 출원일자 2019년01월21일
심사청구일자 2019년01월21일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김태성
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
하도경
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
서상진
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
전용준

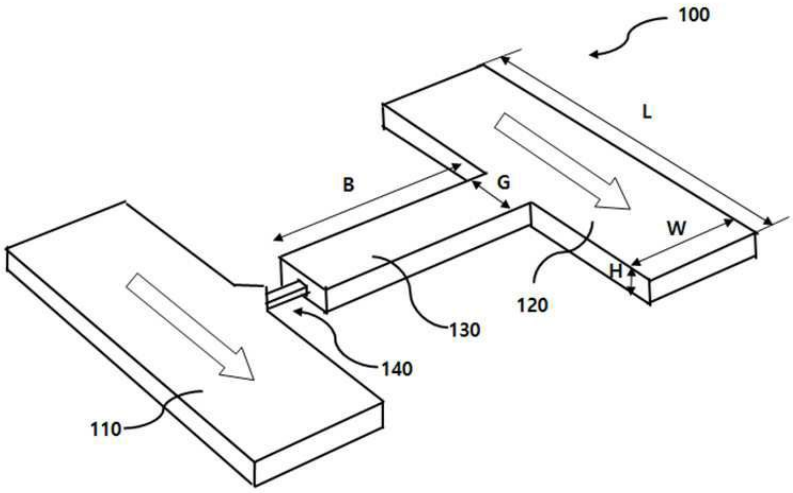
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **자가 동력형 확산 영동 방법**

(57) 요 약

본 발명은, 검사 대상 물질의 농축, 분리 및 추출이 용이하고 외부 전력을 요구하지 않는 자가 동력형 확산 영동 방법을 제공한다. 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 방법은, 제1 크기를 갖는 제1 대상 입자들과 상기 제1 크기에 비하여 큰 제2 크기를 갖는 제2 대상 입자들을 집진 채널에 집진하는 단계; 상기 집진 채널과 연결 나노 채널을 통하여 연결된 제1 유동 채널에 제3 농도를 갖는 제3 용액을 유동시키는 단계; 상기 제3 농도에 비하여 낮은 제4 농도를 갖는 제4 용액을 제2 유동 채널에 유동시키는 단계; 및 상기 제3 용액과 상기 제4 용액의 농도 차이에 의한 화학 영동과 상기 제3 용액의 확산 계수 차이에 의한 전기 영동에 의하여 상기 집진 채널에서 상기 제1 대상 입자와 상기 제2 대상 입자를 분리하는 단계;를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B01L 2200/0647 (2013.01)
B01L 2300/088 (2013.01)
B01L 2300/0896 (2013.01)
B01L 2400/0472 (2013.01)
B01L 2400/0493 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711067858
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명 나노 패터닝을 위한 “크랙-포토리소그래피” 공정기술 개발
기 여 율 1/2
주관기관 울산과학기술원
연구기간 2018.03.01 ~ 2019.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711065952
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 집단연구지원(R&D)
연구과제명 급속·정밀 냉각 기반 신경 신호전달 모델링 및 제어 기초연구실
기 여 율 1/2
주관기관 울산과학기술원
연구기간 2018.03.01 ~ 2019.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

제1 크기를 갖는 제1 대상 입자들과 상기 제1 크기에 비하여 큰 제2 크기를 갖는 제2 대상 입자들을 집진 채널에 집진하는 단계;

상기 집진 채널과 연결 나노 채널을 통하여 연결된 제1 유동 채널에 제3 농도를 갖는 제3 용액을 유동시키는 단계;

상기 제3 농도에 비하여 낮은 제4 농도를 갖는 제4 용액을 제2 유동 채널에 유동시키는 단계; 및

상기 제3 용액과 상기 제4 용액의 농도 차이에 의한 화학 영동과 상기 제3 용액의 확산 계수 차이에 의한 전기 영동에 의하여 상기 집진 채널에서 상기 제1 대상 입자와 상기 제2 대상 입자를 분리하는 단계;를 포함하는, 자가 동력형 확산 영동 방법.

청구항 2

제1 크기를 갖는 제1 대상 입자들과 상기 제1 크기에 비하여 큰 제2 크기를 갖는 제2 대상 입자들을 집진 채널에 집진하는 단계;

상기 집진 채널과 연결 나노 채널을 통하여 연결된 제1 유동 채널에 제3 농도를 갖는 제3 용액을 유동시키는 단계;

상기 제3 농도에 비하여 낮은 제4 농도를 갖는 제4 용액을 제2 유동 채널에 유동시키는 단계; 및

상기 제3 용액과 상기 제4 용액의 농도 차이에 의한 화학 영동과 상기 제3 용액의 확산 계수 차이에 의한 전기 영동에 의하여 상기 제1 대상 입자를 상기 집진 채널로부터 선별 추출하는 단계; 를 포함하는, 자가 동력형 확산 영동 방법.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 집진하는 단계는,

상기 제1 유동 채널에 제1 농도를 갖는 제1 용액을 유동시키는 단계;

상기 제2 유동 채널에 상기 제1 농도에 비하여 낮은 제2 농도를 갖는 제2 용액과 상기 제1 대상 입자들과 상기 제2 대상 입자들을 함께 유동시키는 단계;

상기 제1 용액과 상기 제2 용액의 농도 차이에 의하여, 상기 제1 용액이 연결 나노 채널을 통하여 집진 채널로 유동하는 단계; 및

상기 제1 용액과 상기 제2 용액의 농도 차이에 의한 화학 영동과 상기 제1 용액의 확산 계수 차이에 의한 전기 영동에 의하여 상기 집진 채널에 상기 제1 대상 입자들과 상기 제2 대상 입자들이 집진되는 단계;를 포함하는, 자가 동력형 확산 영동 방법.

청구항 4

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 제1 대상 입자들과 상기 제2 대상 입자들은 동일한 물질을 포함하는, 자가 동력형 확산 영동 방법.

청구항 5

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 제1 대상 입자들은 150 nm 내지 250 nm 범위의 평균 크기를 가지고,

상기 제2 대상 입자들은 550 nm 내지 650 nm 범위의 평균 크기를 가지는, 자가 동력형 확산 영동 방법.

청구항 6

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 제1 대상 입자들과 상기 제2 대상 입자들은 음(-)으로 대전된 입자를 각각 포함하고, 상기 제3 용액의 확산 계수 차이가 양(+)의 값을 가지는, 자가 동력형 확산 영동 방법.

청구항 7

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 제1 대상 입자들과 상기 제2 대상 입자들은 양(+)으로 대전된 입자를 각각 포함하고, 상기 제3 용액의 확산 계수 차이가 음(-)의 값을 가지는, 자가 동력형 확산 영동 방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 제3 용액은 아세트산 나트륨 용액을 포함하고, 상기 제4 용액은 탈이온수를 포함하는, 자가 동력형 확산 영동 방법.

청구항 9

청구항 2에 있어서,

상기 제3 용액은 아세트산 나트륨 용액과 아세트산 칼륨 용액의 혼합 용액을 포함하고, 상기 제4 용액은 탈이온수를 포함하는, 자가 동력형 확산 영동 방법.

청구항 10

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 확산 계수 차이는 0.080 내지 0.244의 범위를 가지는, 자가 동력형 확산 영동 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 기술적 사상은 현장 진단 검사를 위한 확산 영동법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 자가 동력형 확산 영동 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 현장 진단 검사(point-of-care testing)는 의료기관이 아닌 현장에서 검체의 전처리 없이 실시간으로 시행하여 진단 및 치료에 이용할 수 있는 검사를 의미하며, 질병예방, 질병임상진단, 치료효과판정 등의 다양한 분야에 적용될 수 있다. 현장 진단 검사는 혈액 등과 같이 변질이 쉬운 검사 대상 물질을 현장에서 즉시 진단하므로 변질이나 오염 등의 위험을 방지하는 이점이 있다. 특히, 이러한 현장 진단 검사는 의료기관의 도움을 받기 어려운 아프리카 또는 아시아의 저개발 국가에서 필수적이다.

[0003] 현장 진단 검사가 효율적으로 되기 위하여는 검사 대상 물질을 농축하는 기술, 이물질로부터 분리하는 기술, 및 검사 대상 물질을 추출하는 기술 등이 필요하다. 또한, 현장 진단 검사를 위한 장치에 전기적 장치 또는 기계적 장치의 간소화가 요구된다. 특히, 전력 공급이 어려운 지역이나 교통이 불편한 지역에서는 외부 전원이나 외부 장치의 이동이 어려우므로, 현장 진단 검사 장치의 간소화, 이동용이성, 및 더 나아가 자가 동력성이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 일본특허등록번호 제JP 6016168 B호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 기술적 사상이 이루고자 하는 기술적 과제는 검사 대상 물질의 농축, 분리 및 추출이 용이하고 외부 전력을 요구하지 않는 자가 동력형 확산 영동 장치 및 이를 이용한 확산 영동 방법을 제공하는 것이다.

[0006] 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 자가 동력형 확산 영동 방법은, 제1 크기를 갖는 제1 대상 입자들과 상기 제1 크기에 비하여 큰 제2 크기를 갖는 제2 대상 입자들을 집진 채널에 집진하는 단계; 상기 집진 채널과 연결 나노 채널을 통하여 연결된 제1 유동 채널에 제3 농도를 갖는 제3 용액을 유동시키는 단계; 상기 제3 농도에 비하여 낮은 제4 농도를 갖는 제4 용액을 제2 유동 채널에 유동시키는 단계; 및 상기 제3 용액과 상기 제4 용액의 농도 차이에 의한 화학 영동과 상기 제3 용액의 확산 계수 차이에 의한 전기 영동에 의하여 상기 집진 채널에서 상기 제1 대상 입자와 상기 제2 대상 입자를 분리하는 단계;를 포함한다.

[0008] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 자가 동력형 확산 영동 방법은, 제1 크기를 갖는 제1 대상 입자들과 상기 제1 크기에 비하여 큰 제2 크기를 갖는 제2 대상 입자들을 집진 채널에 집진하는 단계; 상기 집진 채널과 연결 나노 채널을 통하여 연결된 제1 유동 채널에 제3 농도를 갖는 제3 용액을 유동시키는 단계; 상기 제3 농도에 비하여 낮은 제4 농도를 갖는 제4 용액을 제2 유동 채널에 유동시키는 단계; 및 상기 제3 용액과 상기 제4 용액의 농도 차이에 의한 화학 영동과 상기 제3 용액의 확산 계수 차이에 의한 전기 영동에 의하여 상기 제1 대상 입자를 상기 집진 채널로부터 선별 추출하는 단계; 를 포함한다.

[0009] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 집진하는 단계는, 상기 제1 유동 채널에 제1 농도를 갖는 제1 용액을 유동시키는 단계; 상기 제2 유동 채널에 상기 제1 농도에 비하여 낮은 제2 농도를 갖는 제2 용액과 상기 제1 대상 입자들과 상기 제2 대상 입자들을 함께 유동시키는 단계; 상기 제1 용액과 상기 제2 용액의 농도 차이에 의하여, 상기 제1 용액이 연결 나노 채널을 통하여 집진 채널로 유동하는 단계; 및 상기 제1 용액과 상기 제2 용액의 농도 차이에 의한 화학 영동과 상기 제1 용액의 확산 계수 차이에 의한 전기 영동에 의하여 상기 집진 채널에 상기 제1 대상 입자들과 상기 제2 대상 입자들이 집진되는 단계;를 포함한다.

[0010] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 대상 입자들과 상기 제2 대상 입자들은 동일한 물질을 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 대상 입자들은 150 nm 내지 250 nm 범위의 평균 크기를 가질 수 있고, 상기 제2 대상 입자들은 550 nm 내지 650 nm 범위의 평균 크기를 가질 수 있다.

[0012] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 대상 입자들과 상기 제2 대상 입자들은 음(-)으로 대전된 입자를 각각 포함할 수 있고, 상기 제3 용액의 확산 계수 차이가 양(+)의 값을 가질 수 있다.

[0013] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 대상 입자들과 상기 제2 대상 입자들은 양(+)으로 대전된 입자를 각각 포함할 수 있고, 상기 제3 용액의 확산 계수 차이가 음(-)의 값을 가질 수 있다.

[0014] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제3 용액은 아세트산 나트륨 용액을 포함할 수 있고, 상기 제4 용액은 탈이온수를 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제3 용액은 아세트산 나트륨 용액과 아세트산 칼륨 용액의 혼합 용액을 포함할 수 있고, 상기 제4 용액은 탈이온수를 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 확산 계수 차이는 0.080 내지 0.244의 범위를 가질 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 기술적 사상에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치는, 농도가 상이한 용액이 유동하는 유동 채널들 사이에 집진 채널과 연결 나노 채널을 배치하도록 구성되고, 대상 입자를 화학 영동과 전기 영동의 합인 확산 영

동에 의하여 집진 채널 내에 집진하거나 또는 집진 채널로부터 추출할 수 있다. 상기 연결 나노 채널은 장시간 및 안정된 방식으로 집진 채널 내의 물리화학적 환경을 용이하게 제어할 수 있다. 대상 입자의 집진과 추출은 유동 채널들을 유동하는 용액을 변경하는 단순한 방법으로 즉시 변경될 수 있다.

[0018] 상기 자가 동력형 확산 영동 장치는, 종래의 전기영동 장치에서 전하를 가지는 미세 대상입자의 이동을 위한 채널 내의 전극이나 외부로부터 전위차를 형성시키는 장치 등을 필요로 하지 않고, 단지 전해질 용액의 투입 만으로 농도 구배에 따라 자동으로 형성되는 전기장을 이용해서 미세 대상 입자의 이동을 가능하게 하는 자가 동력형이다. 이러한 전해질 용액의 농도차를 유지시키기 위해 별도의 유체 펌프없이 피펫으로 용액을 주입한 후정수압(hydrostatic pressure) 만을 이용해서 장시간 유지할 수 있다. 이러한 검사 대상 물질의 농축, 분리 및 추출이 용이하고 외부 전력을 요구하지 않는 특징으로 인하여 현장 진단 검사에 폭 넓은 활용이 가능할 것이다.

[0019] 상술한 본 발명의 효과들은 예시적으로 기재되었고, 이러한 효과들에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치를 도시하는 개략도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 방법을 도시하는 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 도 1의 자가 동력형 확산 영동 장치를 구현한 사진이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치에서, 연결 나노 채널을 통한 용액 유동을 확인하는 사진들이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치에서, 연결 나노 채널을 통한 용액 유동에 의한 집진 채널에서의 형광 강도를 나타내는 그래프이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치에 적용되는 확산 영동 원리를 설명하는 모식도이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치에서, 집진 채널에 대상 입자를 집진하는 작동을 설명하는 개략도이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치에서, 집진 채널에 대상 입자들이 시간에 따라 집진된 상태를 나타내는 사진들이다.

도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치에서, 집진 채널로부터 대상 입자를 추출하는 작동을 설명하는 개략도이다.

도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치에서, 집진 채널로부터 대상 입자들이 추출되는 상태를 나타내는 사진들이다.

도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 대상 입자들을 분리하기 위한 자가 동력형 확산 영동 방법을 도시하는 흐름도이다.

도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 대상 입자들을 선별 추출하기 위한 자가 동력형 확산 영동 방법을 도시하는 흐름도이다.

도 13은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치에서, 집진 채널에 집진된 크기가 상이한 대상 입자들이 분리되거나 선별 추출되는 상태를 나타내는 사진들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 기술적 사상을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 기술적 사상의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하고, 당업자에게 본 발명의 기술적 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다. 본 명세서에서 동일한 부호는 시종 동일한 요소를 의미한다. 나아가, 도면에서의 다양한 요소와 영역은 개략적으로 그려진 것이다. 따라서, 본 발명

의 기술적 사상은 첨부한 도면에 그려진 상대적인 크기나 간격에 의해 제한되지 않는다.

[0022] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치(100)를 도시하는 개략도이다.

[0023] 도 1을 참조하면, 자가 동력형 확산 영동 장치(100)는, 제1 농도를 갖는 제1 용액이 유동하는 제1 유동 채널(110); 상기 제1 농도에 비하여 낮은 제2 농도를 갖는 제2 용액과 대상 입자들이 함께 유동하는 제2 유동 채널(120); 상기 제2 유동 채널로부터 상기 제1 유동 채널을 향하여 연장되고, 상기 대상 입자들이 집진되거나 또는 상기 대상 입자들이 추출되는 집진 채널(130); 및 상기 제1 유동 채널과 상기 집진 채널을 연결하는 연결 나노 채널(140);을 구비한다.

[0024] 자가 동력형 확산 영동 장치(100)는 고분자 등과 같은 본체에 제1 유동 채널(110), 제2 유동 채널(120), 집진 채널(130), 및 연결 나노 채널(140)이 형성될 수 있다. 상기 본체를 구성하는 물질은 채널을 형성할 수 있는 모든 물질을 포함할 수 있다.

[0025] 자가 동력형 확산 영동 장치(100)는 확산 영동을 수행하며, 이러한 확산 영동은 화학 영동(Chemiphoresis, CP)과 전기 영동(electrophoresis, EP)의 합으로 나타나게 된다. 상기 화학 영동은 고농도를 향하는 방향으로 이루어지고, 상기 전기 영동은 하기의 식에 의한 확산 계수 차이(diffusivity difference parameter, β)에 따라 이루어진다. 상기 확산 계수 차이는 용액 내에 존재하는 양이온의 확산 계수와 음이온의 확산 계수의 차이를 의미하며, 무차원 파라미터이다.

[0026]
$$\beta = \frac{(D_+ - D_-)}{(D_+ + D_-)}$$

[0027] 여기에서, β 는 확산 계수 차이이고, D_+ 는 용액 내의 양이온의 확산 계수이고, D_- 는 용액 내의 음이온의 확산 계수이다.

[0028] 제1 유동 채널(110)은 상기 제1 농도를 갖는 상기 제1 용액이 유동한다. 제2 유동 채널(120)은 상기 제1 농도에 비하여 낮은 상기 제2 농도를 갖는 제2 용액이 유동한다. 상기 제1 용액의 유동 방향과 상기 제2 용액의 유동 방향은 각각의 채널의 길이 방향으로 동일한 방향일 수 있고, 또는 서로 반대 방향일 수 있다.

[0029] 제1 유동 채널(110), 제2 유동 채널(120), 또는 이들 모두는, 예를 들어 100 μm 내지 300 μm 범위의 폭(W), 예를 들어 200 μm의 폭(W)을 가질 수 있고, 예를 들어 5 μm 내지 20 μm 범위의 높이(H), 예를 들어 10 μm의 높이(H)를 가질 수 있다. 제1 유동 채널(110), 제2 유동 채널(120), 또는 이들 모두는, 상기 폭이나 높이에 비하여 상대적으로 긴 길이를 가질 수 있고, 예를 들어 1 mm 내지 20 mm의 길이(L)를 가질 수 있고, 예를 들어 5 mm의 길이를 (L)를 가질 수 있다. 또한, 제1 유동 채널(110) 및 제2 유동 채널(120)은 서로 동일한 치수를 가지거나 또는 서로 다른 치수를 가질 수 있다.

[0030] 상기 제1 용액, 상기 제2 용액, 또는 이들 모두는 양이온과 음이온으로 분리되는 용질을 포함할 수 있다. 상기 제1 용액과 상기 제2 용액은 동일하거나 서로 다를 수 있다. 예를 들어, 상기 제1 용액과 상기 제2 용액은 염화 나트륨 수용액일 수 있다. 예를 들어, 상기 제1 용액은 아세트산 칼륨 수용액이고, 상기 제2 용액은 탈이온수일 수 있다.

[0031] 집진 채널(130)은 상기 제2 농도를 갖는 상기 제2 용액이 유동하며, 상기 대상 입자들이 집진되거나 또는 추출될 수 있다. 집진 채널(130)에서는 대류 유동을 방지하고, 중앙부를 기준으로 길이방향으로 용액의 농도 구배를 형성할 수 있다.

[0032] 집진 채널(130)은, 예를 들어 100 μm 내지 300 μm 범위의 연장 길이(B), 예를 들어 200 μm의 연장 길이(B)를 가질 수 있고, 예를 들어 30 μm 내지 70 μm 범위의 폭(G), 예를 들어 50 μm의 폭(G)를 가질 수 있다. 집진 채널(130)은 제1 유동 채널(110) 및 제2 유동 채널(120)의 높이(H)와 동일한 높이를 가질 수 있고, 또는 다른 높이를 가질 수 있고, 예를 들어 5 μm 내지 20 μm 범위의 높이, 예를 들어 10 μm의 높이를 가질 수 있다.

[0033] 연결 나노 채널(140)은 제1 유동 채널(110)과 집진 채널(130)을 연결한다. 연결 나노 채널(140)은 상기 대상 입자들이 통과하지 못하는 단면적을 가질 수 있다. 그러나, 연결 나노 채널(140)은 제1 유동 채널(110)에 유동하는 상기 제1 용액을 통과시키는 단면적으로 가질 수 있고, 상기 제1 용액을 구성하는 양이온과 음이온을 통과시키는 단면적을 가질 수 있다. 또한, 연결 나노 채널(140)은 제2 유동 채널(120)에 유동하는 상기 제2 용액을 통과시키는 단면적으로 가질 수 있고, 상기 제2 용액을 구성하는 양이온과 음이온을 통과시키는 단면적을 가질

수 있다.

[0034] 연결 나노 채널(140)과 더 우수한 연결을 보장하기 위하여, 연결 나노 채널(140)과 연결된 제1 유동 채널(110)의 부분은 돌출된 형상을 가질 수 있고, 예를 들어 삼각형으로 돌출된 형상을 가질 수 있다. 연결 나노 채널(140)은 상기 제1 용액 또는 제2 용액은 통과할 수 있다.

[0035] 연결 나노 채널(140)은, 예를 들어 1 μm 내지 10 μm 범위의 길이, 예를 들어 5 μm의 길이를 가질 수 있고, 예를 들어 1 μm 내지 3 μm 범위의 폭, 예를 들어 2 μm의 폭을 가질 수 있고, 예를 들어 100 nm 내지 300 nm 범위의 높이, 예를 들어 180 nm의 높이를 가질 수 있다.

[0036] 연결 나노 채널(140)은 크랙(crack) 기반으로 형성될 수 있다. 연결 나노 채널(140)은 다음과 같은 예시적인 방법으로 형성될 수 있다. 먼저, 중앙에 적어도 하나의 노치를 갖는 패턴이 형성된 포토마스크를 준비한다. 상기 포토마스크가 준비되면, 감광물질이 도포된 기재를 상기 포토마스크를 기반으로 포토 리소그래피 공정을 진행하여 제1 몰드블록을 제조하되, 상기 제1 몰드블록에 크랙을 형성하는 단계가 이루어진다. 상기 제1 몰드블록이 제조된 후에는, 상기 제1 몰드블록을 이용하여 양각형태의 제2 몰드를 제조하되, 양각돌기들 및 균열돌기를 형성하는 과정이 진행된다. 상기 제2 몰드의 제조가 완료된 후에는, 상기 제2 몰드를 기반으로 수지를 공급하여 미세채널블록을 제조하되, 상기 미세채널블록에 미세채널로서 연결 나노 채널(140)을 형성한다. 상기 크랙이 발생하는 과정을 살펴보면, 포토 리소그래피 공정에서 감광물질이 조사되는 빛에 의해 경화되며, 노광 단계와 현상 단계가 진행되는 동안 형성되는 관통홀의 노치부로부터 크랙이 발생되기 시작한다. 상기 감광물질에 빛이 조사되는 동안 상기 노치부에는 응력이 집중하게 된다. 상기 감광물질은 서로 결합되려는 가교결합(cross linking)에 의해 빛이 조사되면 경화된다. 그런데 이 가교결합의 에너지보다 상기 노치부의 응력 집중 에너지가 더 크면 상기 노치부로부터 상기 크랙이 발생하게 된다.

[0037] 상기 대상 입자들은 상기 제1 용액과 상기 제2 용액의 농도 차이에 의한 화학 영동과 상기 제1 용액의 확산 계수 차이에 의한 전기 영동에 의하여 집진 채널(130)에 집진되거나 또는 집진 채널(130)로부터 추출될 수 있다.

[0038] 상기 대상 입자들은 음(-)으로 대전된 입자를 포함할 수 있다. 상기 제1 용액의 양이온의 확산계수와 음이온의 확산계수로부터 도출되는 확산 계수 차이가 음(-)의 값인 경우에는, 상기 대상 입자들은 제2 유동 채널(120)로부터 집진 채널(130)에 집진될 수 있다. 상기 제1 용액의 확산 계수 차이가 양(+)의 값인 경우에는, 상기 대상 입자들은 집진 채널(130)로부터 제2 유동 채널(120)로 추출될 수 있다.

[0039] 상기 대상 입자들은 양(+)으로 대전된 입자를 포함할 수 있다. 상기 제1 용액의 확산 계수 차이가 양(+)의 값인 경우에는, 상기 대상 입자들은 제2 유동 채널(120)로부터 집진 채널(130)에 집진될 수 있다. 상기 제1 용액의 확산 계수 차이가 음(-)의 값인 경우에는, 상기 대상 입자들은 집진 채널(130)로부터 제2 유동 채널(120)로 추출될 수 있다.

[0040] 상기 대상 입자들은 콜로이드성 입자를 포함할 수 있다. 상기 대상 입자들은, 예를 들어 카르복실기 폴리스틸렌을 포함할 수 있다. 상기 대상 입자들은 비생명체를 포함할 뿐만 아니라 박테리아 등과 같은 생명체도 포함할 수 있다. 예를 들어, 박테리아 등은 표면이 일부 대전될 수 있으므로, 본 발명의 기술적 사상에 포함된다. 상기 대상 입자들은, 예를 들어 0.1 μm 내지 3 μm 범위의 평균 크기를 가질 수 있다. 상기 대상 입자들은 연결 나노 채널(140)의 단면적이 비하여 큰 크기를 가질 수 있다.

[0041] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 방법(S100)을 도시하는 흐름도이다.

[0042] 도 2를 참조하면, 자가 동력형 확산 영동 방법(S100)은 제1 유동 채널에 제1 농도를 갖는 제1 용액을 유동시키는 단계(S110); 제2 유동 채널에 상기 제1 농도에 비하여 낮은 제2 농도를 갖는 제2 용액과 대상 입자들을 함께 유동시키는 단계(S120); 상기 제1 용액과 상기 제2 용액의 농도 차이에 의하여, 상기 제1 용액이 연결 나노 채널을 통하여 집진 채널로 유동하는 단계(S130); 및 상기 제1 용액과 상기 제2 용액의 농도 차이에 의한 화학 영동과 상기 제1 용액의 확산 계수 차이에 의한 전기 영동에 의하여 상기 집진 채널에 상기 대상 입자들이 집진되거나 또는 상기 대상 입자들이 상기 집진 채널로부터 추출되는 단계(S140);를 포함한다.

[0043] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 도 1의 자가 동력형 확산 영동 장치(100)를 구현한 사진이다.

[0044] 도 3을 참조하면, 제1 유동 채널(110), 제2 유동 채널(120), 및 집진 채널(130)이 형성되어 있고, 제2 유동 채널(120)과 집진 채널(130)에 연결 나노 채널(140)이 또한 형성되어 있다. 주입구(A)에 제1 용액과 제2 용액을 각각 주입할 수 있다. 주입구(A)에 주입하는 용액을 변경하는 간단한 방법을 통하여, 연결 나노 채널의 물리화학적 환경을 빠르고 동적으로 변경시킬 수 있다.

[0045] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치에서, 연결 나노 채널을 통한 용액 유동을 확인하는 사진들이다.

[0046] 도 4를 참조하면, 제2 유동 채널(120)에는 1 mM의 PBS(phosphate buffer saline)을 계속하여 유동시킨다. 반면, 제1 유동 채널(110)에는 처음에는 1 mM의 FITC(fluorescein isothiocyanate)을 유동시키고, 시작으로부터 5분 후부터는 1 mM의 PBS(phosphate buffer saline)을 유동시킨다. 상기 FITC는 형광 염료(fluorescent dye)로서 형광색을 나타내므로, 상기 FITC 용액이 연결 나노 채널(140)을 통하여 유동하는 것을 용이하게 확인할 수 있다. 유동을 시작한 때에는(즉, 0 min에 해당됨), 상기 FITC에 의한 형광색이 주로 제1 유동 채널(110)에 나타난다. 유동을 시작한지 2 분이 지난 후에는, 상기 형광색이 제1 유동 채널(110)뿐만 아니라 집진 채널(130)과 제2 유동 채널(120)에서도 나타난다.

[0047] 유동을 시작한지 5 분 후에, 제1 유동 채널(110)에 유동하는 상기 FITC를 상기 PBS로 변경하였다. 이어서, 상기 PBS가 제1 유동 채널(110)에 유동한지 1 분이 지난 후, 즉 처음 유동부터 시작하여 6분이 지난 후에는, 상기 FITC에 의한 형광색이 제1 유동 채널(110)에서는 사라지고, 집진 채널(130)과 제2 유동 채널(120)에서도 강도가 약하게 된다. 이에 따라, 상기 PBS 용액이 연결 나노 채널(140)을 통하여 유동하는 것을 용이하게 확인할 수 있다. 상기 PBS가 제1 유동 채널(110)에 유동한지 3 분이 지난 후, 즉 처음 유동부터 시작하여 8분이 지난 후에는, 제1 유동 채널(110), 제2 유동 채널(120), 및 집진 채널(130)에서 상기 FITC에 의한 형광색이 거의 보이지 않게 된다. 따라서, 자가 동력형 확산 영동 장치는 5 분의 시간 내에서 평형 상태의 용질 농도를 나타내며 따라서, 5 분의 시간 내에 집진 채널 내의 물리화학적 환경을 변화시킬 수 있었다. 참고로, 연결 나노 채널(140)을 통과한 용질은 제1 유동 채널(110)에 비하여 40배 정도 희석되었다.

[0048] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치에서, 연결 나노 채널을 통한 용액 유동에 의한 집진 채널에서의 형광 강도를 나타내는 그래프이다.

[0049] 도 5를 참조하면, 상기 FITC가 제1 유동 채널(110)에 유동을 시작한지 약 5분 정도의 시간이 지나면 형광 강도가 최대값에 거의 수렴하게 된다. 이는 집진 채널(130)에서의 상기 FITC의 농도가 제1 유동 채널(110)에서의 상기 FITC의 농도와 거의 동일하게 됨을 의미한다. 또한 상기 PBS가 제1 유동 채널(110)에 유동을 시작한지 약 5분 정도의 시간이 지나면 형광 강도가 최소값에 거의 수렴하게 된다. 이는 집진 채널(130)에서의 상기 PBS의 농도가 제1 유동 채널(110)에서의 상기 PBS의 농도와 거의 동일하게 되고, 집진 채널(130) 내에 집진된 상기 FITC가 제2 유동 채널(120)을 통하여 거의 대부분 추출됨을 의미한다.

[0050] 도 4 및 도 5의 결과로부터, 본 발명의 기술적 사상에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치(100)의 연결 나노 채널(140)에서의 용액의 이동이 용이하고 신속하게 이루어짐을 알 수 있다.

[0051] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치에 적용되는 확산 영동 원리를 설명하는 모식도이다.

[0052] 도 6을 참조하면, 고농도(μ1) 영역과 저농도(μ2) 영역을 가지는 염화 나트륨(NaCl) 수용액 내에 대상 입자들이 혼합되어 있다. 상기 대상 입자는 음으로 대전되어, 중앙에 배치되어 있고, 상기 대상 입자의 하측에는 상기 염화 나트륨 수용액의 상기 고농도 영역이 배치되어 있고, 상측에는 상기 염화 나트륨 수용액의 상기 저농도 영역이 배치되어 있다.

[0053] 이하에서는, 상기 화학 영동에 대하여 설명하기로 한다. 상기 염화 나트륨 수용액의 상기 고농도와 상기 저농도에 의한 농도 차이(▽C)가 발생하게 된다. 이러한 농도 차이에 기인하여 확산이 발생하게 되고, 구체적으로 용매인 물이 상기 고농도에서 상기 저농도로 확산에 의하여 이동한다. 이러한 용매의 이동에 대하여 반대로 상기 대상 입자는 상측의 상기 저농도 영역에서 하측의 상기 고농도 영역으로 향하는 하측 방향의 화학 영동을 받게 된다.

[0054] 이하에서는, 상기 전기 영동에 대하여 설명하기로 한다. 상기 염화 나트륨 수용액에서, 상기 염화 나트륨은 Na^+의 양이온과 Cl^-의 음이온으로 분리된다. 상기 대상 입자는 음으로 대전되어 있으므로, 상기 양이온은 전기적 인력에 의하여 상기 대상 입자로 끌리게 되며, 상기 음이온은 전기적 척력에 의하여 상기 대상 입자로부터 멀어지게 된다. 상기 염화 나트륨의 경우에는, 상기 양이온의 확산계수(D_+)는 상기 음이온의 확산계수(D_-)의 비하여 작다. 따라서, 상기 고농도 영역에서 상기 저농도 영역의 방향으로, 즉 상측 방향으로, 상기 양이온에 비하여 상기 음이온이 더 빠른 속도로 더 많은 양이 이동하게 된다. 이러한 상대적인 이동의 차이에 의하여, 상기 대상 입자의 하측에는 상기 양이온이 더 많이 존재하게 되어 하측 방향으로의 전기적 인력이 더 커지게 되고, 상

기 대상 입자의 상측에는 상기 음이온이 더 많이 존재하게 되어 하측 방향으로의 전기적 척력이 더 커지게 된다. 즉, 상기 양이온과 상기 음이온의 상대적인 이동의 차이에 의하여, 상기 대상 입자는 상측의 상기 저농도 영역에서 하측의 상기 고농도 영역으로 향하는 하측 방향의 전기 영동을 받게 된다. 참고로, 상기 양이온과 상기 음이온에 의하여 형성되는 전기장(E)은 상기 양이온이 상대적으로 많은 하측에서 상기 음이온이 상대적으로 많은 상측으로 향하는 상측 방향을 가지게 된다.

[0055] 이와 반대로, 상기 양이온의 확산계수가 상기 음이온의 확산계수의 비하여 큰 경우에는, 예를 들어 하기에 설명하는 아세트산 칼륨의 경우에는, 상기 음이온에 비하여 상기 양이온이 더 빨리 이동하게 되므로, 상기 전기 영동은 상측 방향으로 발생한다.

[0056] 또한, 상기 대상 입자들이 양으로 대전된 경우에는, 상술한 바와는 반대로 상기 대상 입자들이 이동하게 된다. 즉, 상기 양이온의 확산계수가 상기 음이온의 확산계수의 비하여 작으면, 상기 대상 입자는 상측으로 이동한다. 상기 양이온의 확산계수가 상기 음이온의 확산계수의 비하여 크면, 상기 대상 입자는 하측으로 이동한다.

[0057] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치에서, 집진 채널에 대상 입자를 집진하는 작동을 설명하는 개략도이다.

[0058] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치에서, 집진 채널에 대상 입자들이 시간에 따라 집진된 상태를 나타내는 사진들이다.

[0059] 도 7 및 도 8에서, 제1 유동 채널(110)을 유동하는 고농도 용액으로서 1 M의 염화 나트륨 수용액(NaCl 1 M)을 사용하고, 제2 유동 채널(120)을 유동하는 저농도 용액으로서 10 μM의 염화 나트륨 수용액(NaCl 10 μM)을 사용하였다. 제2 유동 채널(120)을 유동하고 집진 채널(130)에 집진되는 대상 입자들은 평균 1 μm 크기와 0.05 %(w/v)의 카르복실기 폴리스틸렌(carboxylated polystyrene)을 사용하였다.

[0060] 도 7을 참조하면, 대상 입자들이 집진 채널(130) 내에 집진되는 메커니즘이 나타나 있다. 제1 유동 채널(110)에는 고농도의 염화 나트륨 수용액이 유동하고, 제2 유동 채널(120)에는 저농도의 염화 나트륨 수용액과 음으로 대전된 상기 대상 입자들이 유동한다. 제1 유동 채널(110) 내의 용액의 유동 방향과 제2 유동 채널(120) 내의 용액의 유동 방향은 동일하게 도시되어 있으나, 이는 예시적이며 서로 반대인 경우도 본 발명의 기술적 사상에 포함된다.

[0061] 제1 유동 채널(110)의 용액 농도와 제2 유동 채널(120)의 용액 농도의 차이가 있으므로, 제1 유동 채널(110)의 고농도 용액이 연결 나노 채널(140)을 통하여 집진 채널(130)로 유동하게 된다. 따라서, 제1 유동 채널(110), 집진 채널(130), 및 제2 유동 채널(120)의 순서로 농도가 작아진다.

[0062] 상기 염화 나트륨(NaCl)의 경우에는, 양이온(Na^+)의 확산계수(D_{Na+})가 음이온(Cl^-)의 확산계수(D_{Cl-})에 비하여 작으며, 따라서, 확산 계수 차이(β)는 음의 값으로 -0.207 이다. 도 6을 참조하여 설명한 확산 영동의 원리에 따라, 제2 유동 채널(120)에서 유동하는 상기 대상 입자들은 집진 채널(130) 내에 집진된다. 즉, 상기 대상 입자들은 농도 차에 의하여 발생한 화학 영동(CP)과 음의 확산 계수 차이에 의하여 발생한 전기 영동(EP)에 의하여 이동하게 된다. 상기 화학 영동의 방향과 상기 전기 영동의 방향은 동일하게 되며, 구체적으로 집진 채널(130) 내에서 제2 유동 채널(120)에서 제1 유동 채널(110)로 향하는 방향이 된다. 또한, 상기 대상 입자들은 연결 나노 채널(140)을 통과하지 못하므로 제1 유동 채널(110)로 이동하지 못한다. 이에 따라, 상기 대상 입자들은 집진 채널(130) 내에 제1 유동 채널(110)에 대하여 인접한 영역부터 집진된다.

[0063] 도 8을 참조하면, 집진 채널 내에 집진된 상기 대상 입자들이 흰색 또는 적색으로 표시되어 있다. 제1 유동 채널과 제2 유동 채널에서 염화 나트륨 용액의 유동이 각각 시작되면서, 상기 대상 입자들은 상기 집진 채널 내의 연결 나노 채널과 인접한 영역부터 집진되어 점차 부피가 커지도록 축적된다. 약 120분이 경과한 후에는 집진 채널의 절반의 높이로 상기 대상 입자들이 집진됨을 알 수 있다.

[0064] 상기 집진 채널이 200 μm의 연장 길이, 50 μm의 폭, 및 10 μm의 높이를 가지는 경우에는 집진 채널의 부피는 100,000 μm^3 가 된다. 상기 대상 입자들이 0.05 % w/v 인 경우에는 100,000 x 0.0005 = 50 particles 가 된다. 집적 속도를 산출하면, 약 20,000 particles/hr 가 되며, 이는 약 5 particles/sec 의 집적 속도를 나타낸다.

[0065] 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치에서, 집진 채널로부터 대상 입자를 추출하는 작동을 설명하는 개략도이다.

[0066] 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치에서, 집진 채널로부터 대상 입자들이 추출되는 상태를 나타내는 사진들이다.

[0067] 도 9 및 도 10에서, 제1 유동 채널(110)을 유동하는 고농도 용액으로서 1 M의 아세트산 칼륨(K-acetate 1 M)을 사용하고, 제2 유동 채널(120)을 유동하는 저농도 용액으로서 탈이온수(distilled water, DW)를 사용하였다. 집진 채널(130)로부터 추출되는 대상 입자들은 평균 1 μm 크기와 0.05 %(w/v)의 카르복실기 폴리스틸렌을 사용하였다.

[0068] 도 9를 참조하면, 대상 입자들이 집진 채널(130)로부터 추출되는 메커니즘이 나타나 있다. 제1 유동 채널(110)에는 고농도의 아세트산 칼륨 수용액이 유동하고, 제2 유동 채널(120)에는 탈이온수와 음으로 대전된 대상 입자들이 유동한다. 제1 유동 채널(110) 내의 용액의 유동 방향과 제2 유동 채널(120) 내의 용액의 유동 방향은 동일하게 도시되어 있으나, 이는 예시적이며 서로 반대인 경우도 본 발명의 기술적 사상에 포함된다.

[0069] 제1 유동 채널(110)의 용액 농도와 제2 유동 채널(120)의 용액 농도의 차이가 있으므로, 제1 유동 채널(110)의 고농도 용액이 연결 나노 채널(140)을 통하여 집진 채널(130)로 유동하게 된다. 따라서, 제1 유동 채널(110), 집진 채널(130), 및 제2 유동 채널(120)의 순서로 농도가 작아진다.

[0070] 상기 아세트산 칼륨(CH_3COOK)의 경우에는, 양이온(K^+)의 확산계수(D_{K+})가 음이온(CH_3COO^-)의 확산계수($D_{CH3COO-}$)에 비하여 크며, 따라서, 확산 계수 차이(β)는 양의 값으로 +0.285 이다. 도 6을 참조하여 설명한 확산 영동의 원리에 따라, 집진 채널(130) 내에 집진된 상기 대상 입자들은 제2 유동 채널(120)로 추출된다. 즉, 상기 대상 입자들은 농도 차에 의하여 발생한 화학 영동(CP)과 양의 확산 계수 차이에 의하여 발생한 전기 영동(EP)에 의하여 이동하게 된다. 상기 화학 영동의 방향과 상기 전기 영동(EP)의 방향은 서로 반대가 된다. 상기 화학 영동은 도 8의 경우와 동일하게 집진 채널(130) 내에서 제2 유동 채널(120)에서 제1 유동 채널(110)로 향하는 방향이 되며, 반면 상기 전기 영동은 집진 채널(130) 내에서 제1 유동 채널(110)에서 제2 유동 채널(110)로 향하는 방향이 된다. 상기 전기 영동의 힘이 상기 화학 영동의 힘에 비하여 크면, 상기 대상 입자들은 집진 채널(130)로부터 제2 유동 채널(120)로 추출된다.

[0071] 도 10을 참조하면, 집진 채널 내에 집진된 상기 대상 입자들이 흰색 또는 적색으로 표시되어 있다. 제1 유동 채널에서 아세트산 칼륨의 유동이 시작되고, 제2 유동 채널에서 탈이온수의 유동이 시작되면서, 상기 대상 입자들은 상기 집진 채널에서 상기 제2 유동 채널을 향하여 이동하게 되고, 상기 제2 유동 채널을 통하여 상기 집진 채널로부터 추출된다. 약 10분의 시간이 경화한 후에는, 95%의 상기 대상 입자들이 추출됨을 알 수 있다. 참고로, 상기 대상 입자들이 상기 제2 유동 채널 내에 원하지 않게 갇히는 것을 방지하기 위하여, 플루로닉(Pluronic F-127)과 같은 비이온 활성제를 약 0.02% 수준으로 상기 제1 유동 채널과 상기 제2 유동 채널에서 용액들에 혼합시켜 유동시킬 수 있다.

[0072] 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 대상 입자들을 분리하기 위한 자가 동력형 확산 영동 방법(S200)을 도시하는 흐름도이다.

[0073] 도 11을 참조하면, 자가 동력형 확산 영동 방법(S200)은, 제1 크기를 갖는 제1 대상 입자들과 상기 제1 크기에 비하여 큰 제2 크기를 갖는 제2 대상 입자들을 집진 채널에 집진하는 단계(S210); 상기 집진 채널과 연결 나노 채널을 통하여 연결된 제1 유동 채널에 제3 농도를 갖는 제3 용액을 유동시키는 단계(S220); 상기 제3 농도에 비하여 낮은 제4 농도를 갖는 제4 용액을 제2 유동 채널에 유동시키는 단계(S230); 및 상기 제3 용액과 상기 제4 용액의 농도 차이에 의한 화학 영동과 상기 제3 용액의 확산 계수 차이에 의한 전기 영동에 의하여 상기 집진 채널에서 상기 제1 대상 입자와 상기 제2 대상 입자를 분리하는 단계(S240);를 포함한다.

[0074] 도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 대상 입자들을 선별 추출하기 위한 자가 동력형 확산 영동 방법(S300)을 도시하는 흐름도이다.

[0075] 도 12를 참조하면, 자가 동력형 확산 영동 방법(S300)은, 제1 크기를 갖는 제1 대상 입자들과 상기 제1 크기에 비하여 큰 제2 크기를 갖는 제2 대상 입자들을 집진 채널에 집진하는 단계(S310); 상기 집진 채널과 연결 나노 채널을 통하여 연결된 제1 유동 채널에 제3 농도를 갖는 제3 용액을 유동시키는 단계(S320); 상기 제3 농도에 비하여 낮은 제4 농도를 갖는 제4 용액을 제2 유동 채널에 유동시키는 단계(S330); 및 상기 제3 용액과 상기 제4 용액의 농도 차이에 의한 화학 영동과 상기 제3 용액의 확산 계수 차이에 의한 전기 영동에 의하여 상기 제1 대상 입자를 상기 집진 채널로부터 선별 추출하는 단계(S340);를 포함한다.

[0076] 상기 집진하는 단계(S210, S310)는, 상기 제1 유동 채널에 제1 농도를 갖는 제1 용액을 유동시키는 단계; 상기

제2 유동 채널에 상기 제1 농도에 비하여 낮은 제2 농도를 갖는 제2 용액과 상기 제1 대상 입자들과 상기 제2 대상 입자들을 함께 유동시키는 단계; 상기 제1 용액과 상기 제2 용액의 농도 차이에 의하여, 상기 제1 용액이 연결 나노 채널을 통하여 집진 채널로 유동하는 단계; 및 상기 제1 용액과 상기 제2 용액의 농도 차이에 의한 화학 영동과 상기 제1 용액의 확산 계수 차이에 의한 전기 영동에 의하여 상기 집진 채널에 상기 제1 대상 입자들과 상기 제2 대상 입자들이 집진되는 단계;를 포함할 수 있다.

[0077] 상기 제1 대상 입자들과 상기 제2 대상 입자들은 동일한 물질을 포함할 수 있다. 상기 제1 대상 입자들은 150 nm 내지 250 nm 범위의 평균 크기를 가질 수 있다. 상기 제2 대상 입자들은 550 nm 내지 650 nm 범위의 평균 크기를 가질 수 있다. 그러나, 이러한 크기는 예시적이며 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정되는 것은 아니다.

[0078] 상기 제1 대상 입자들과 상기 제2 대상 입자들은 음(-)으로 대전된 입자를 각각 포함할 수 있고, 상기 제3 용액의 확산 계수 차이가 양(+)의 값을 가질 수 있다. 또는 상기 제1 대상 입자들과 상기 제2 대상 입자들은 양(+)으로 대전된 입자를 각각 포함할 수 있고, 상기 제3 용액의 확산 계수 차이가 음(-)의 값을 가질 수 있다.

[0079] 상기 제3 용액은 아세트산 나트륨 용액을 포함할 수 있고, 상기 제4 용액은 탈이온수를 포함할 수 있다. 또는, 상기 제3 용액은 아세트산 나트륨 용액과 아세트산 칼륨 용액의 혼합 용액을 포함할 수 있고, 상기 제4 용액은 탈이온수를 포함할 수 있다. 그러나, 이러한 물질은 예시적이며 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정되는 것은 아니다.

[0080] 상기 확산 계수 차이는 0.080 내지 0.244의 범위를 가질 수 있다. 그러나, 이러한 확산 계수 차이의 범위는 예시적이며 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정되는 것은 아니다.

[0081] 도 13은 본 발명의 일실시예에 따른 자가 동력형 확산 영동 장치에서, 집진 채널에 집진된 크기가 상이한 대상 입자들이 분리되거나 선별 추출되는 상태를 나타내는 사진들이다.

[0082] 도 13의 (a)를 참조하면, 제1 대상 입자로서 200 nm 폴리스틸렌과 제2 대상 입자로서 620 nm 폴리스틸렌이 집진 채널 내에 집진된 상태를 나타낸다. 이러한 집진을 위하여, 제1 유동 채널에는 1M NaCl 용액을 유동시켰고, 제2 유동 채널에는 10 μM NaCl 용액을 유동시켰다.

[0083] 도 13의 (b)를 참조하면, 상기 제1 대상 입자와 상기 제2 대상 입자가 상기 집진 채널 내에서 분리된다. 약 5분의 시간이 경과한 후부터, 상대적으로 큰 크기를 가지는 상기 제2 대상 입자(청색으로 표시됨) 상에 상대적으로 작은 크기를 가지는 상기 제1 대상 입자(적색으로 표시됨)가 배치된다. 이러한 분리를 위하여 제1 유동 채널에는 1M 아세트산 나트륨(Na-acetate) 용액을 유동시켰고, 제2 유동 채널에는 탈이온수를 유동시켰다. 이러한 경우의 확산 계수 차이는 +0.080 이었다.

[0084] 도 13의 (c)를 참조하면, 상기 제1 대상 입자가 상기 집진 채널로부터 제2 유동 채널로 선별 추출되어 제거되고, 상기 제2 대상 입자가 상기 집진 채널에 잔존한다. 약 5분의 시간이 경과한 후부터, 상대적으로 큰 크기를 가지는 상기 제2 대상 입자(청색으로 표시됨)가 잔존한다. 이러한 선별 추출을 위하여 제1 유동 채널에는 200 mM 아세트산 나트륨(Na-acetate) 용액과 800 mM 아세트산 칼륨(K-acetate) 용액을 혼합한 혼합 용액을 유동시켰고, 제2 유동 채널에는 탈이온수를 유동시켰다. 이러한 경우의 확산 계수 차이는 +0.244 이었다.

[0085] 도 13의 (b)와 (c)를 함께 검토하면, 화학 영동(CP)의 크기는 동일할 수 있으나, 전기 영동(EP)의 크기는 (b)의 분리되는 경우가 (c)의 선별 추출되는 경우에 비하여 작게 된다. 이러한 전기 영동의 크기를 제어함에 의하여 크기가 다른 대상 입자를 분리하거나 또는 선별 추출할 수 있다.

[0086] 이상에서 설명한 본 발명의 기술적 사상이 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것은, 본 발명의 기술적 사상이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

부호의 설명

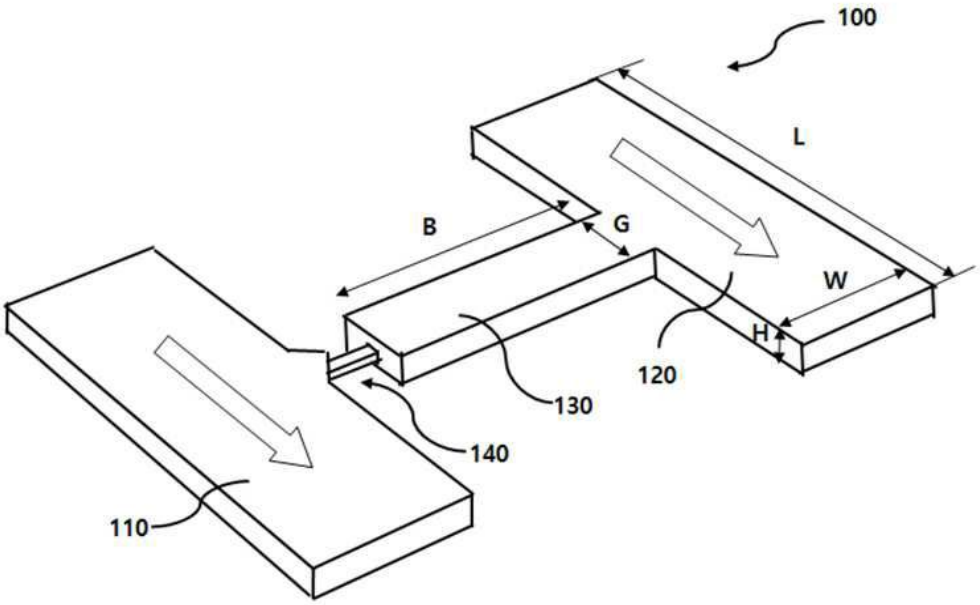
[0087] 100: 자가 동력형 확산 영동 장치,

110: 제1 유동 채널, 120: 제2 유동 채널,

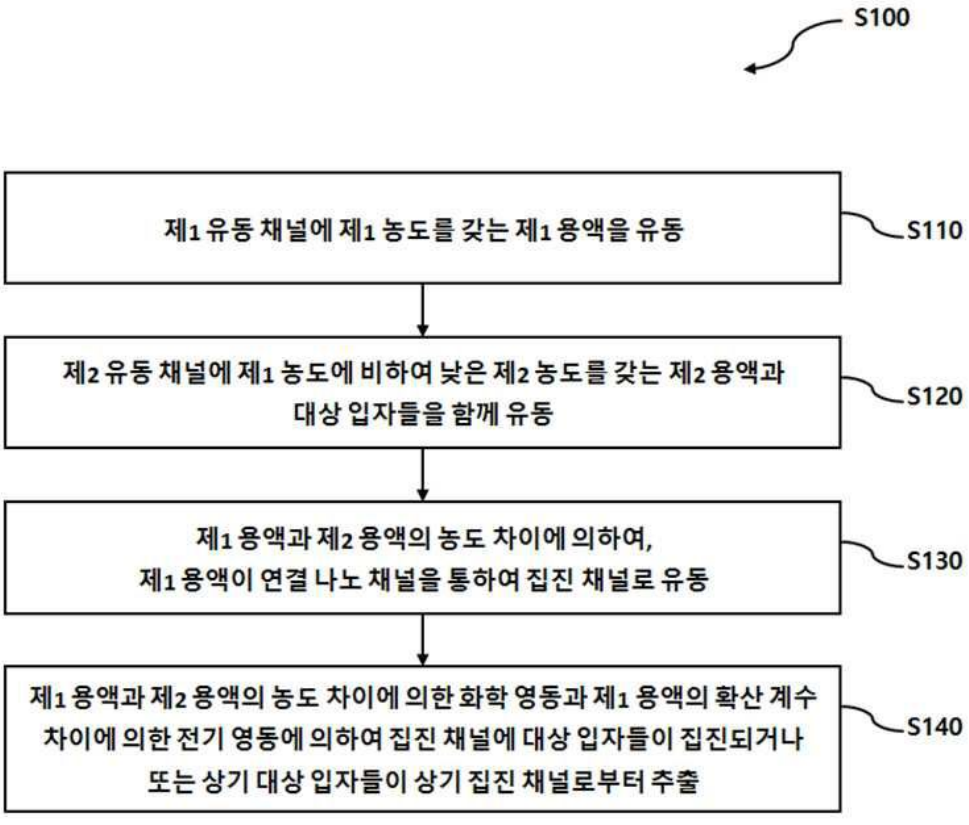
130: 집진 채널, 140: 연결 나노 채널,

도면

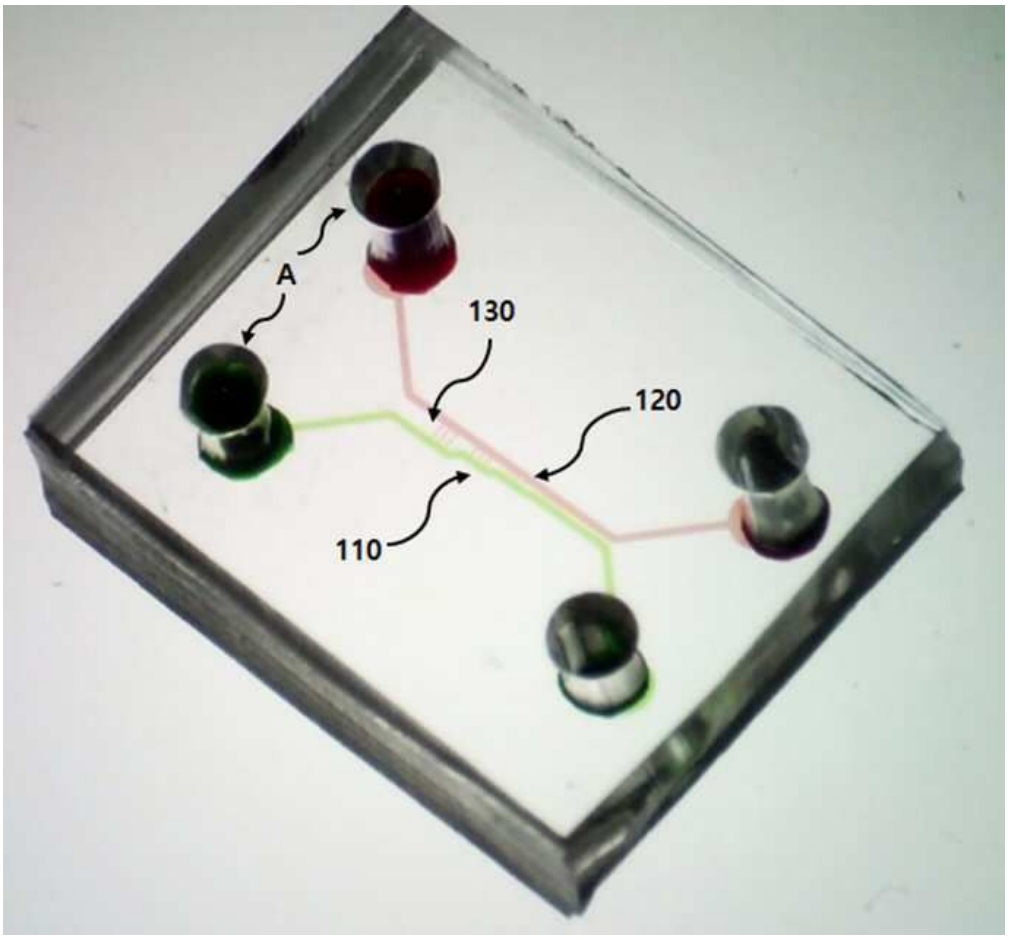
도면1


100
L
B
G
W
H
120
130
140
110

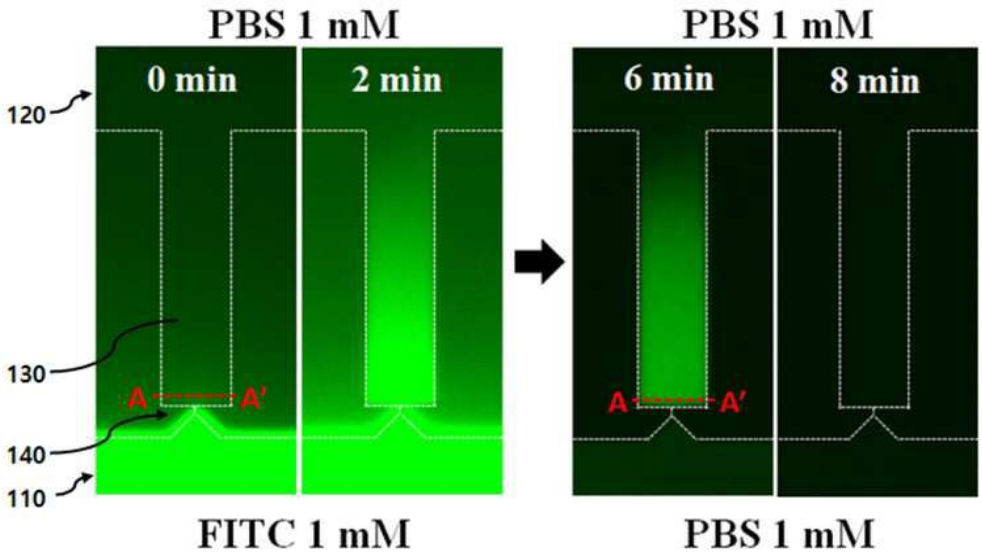
도면2


S100
제1 유동 채널에 제1 농도를 갖는 제1 용액을 유동
S110
제2 유동 채널에 제1 농도에 비하여 낮은 제2 농도를 갖는 제2 용액과 대상 입자들을 함께 유동
S120
제1 용액과 제2 용액의 농도 차이에 의하여, 제1 용액이 연결 나노 채널을 통하여 집진 채널로 유동
S130
제1 용액과 제2 용액의 농도 차이에 의한 화학 영동과 제1 용액의 확산 계수 차이에 의한 전기 영동에 의하여 집진 채널에 대상 입자들이 집진되거나 또는 상기 대상 입자들이 상기 집진 채널로부터 추출
S140

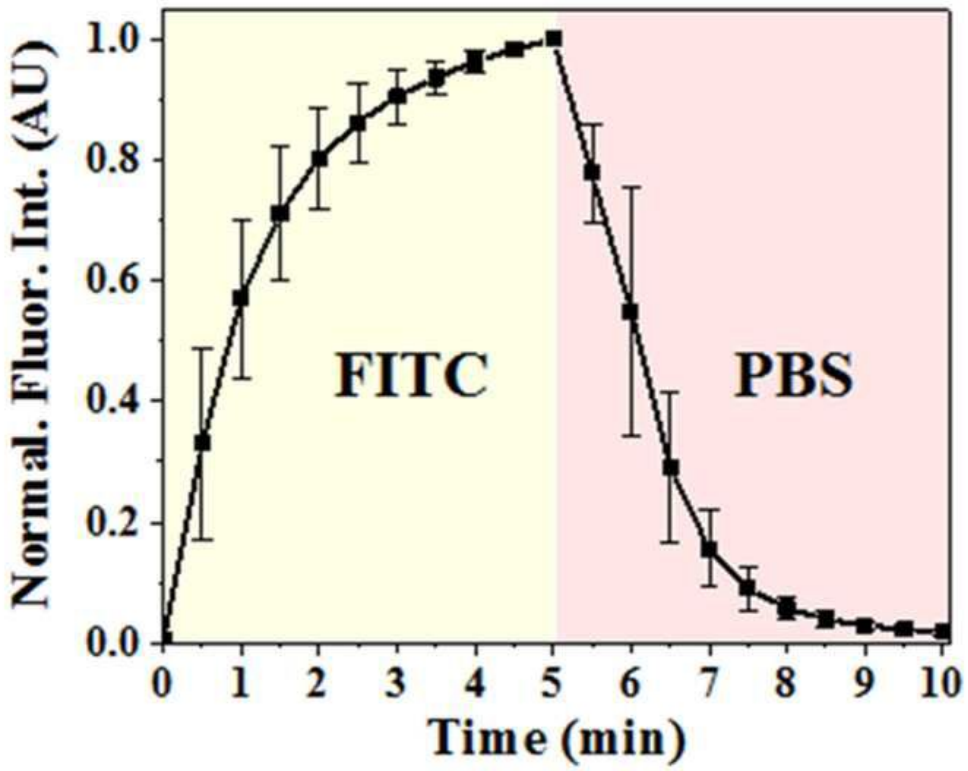
도면3


A
130
120
110

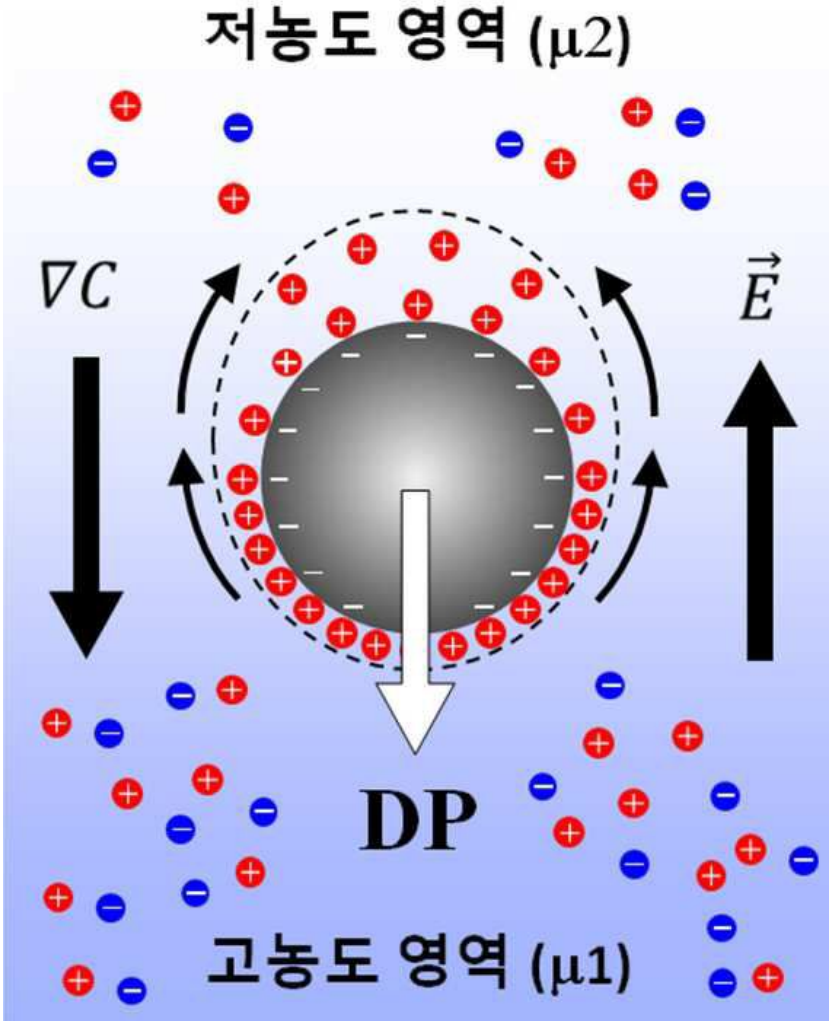
도면4


PBS 1 mM
PBS 1 mM
0 min
2 min
6 min
8 min
120
130
140
110
A
A'
A
A'
FITC 1 mM
PBS 1 mM

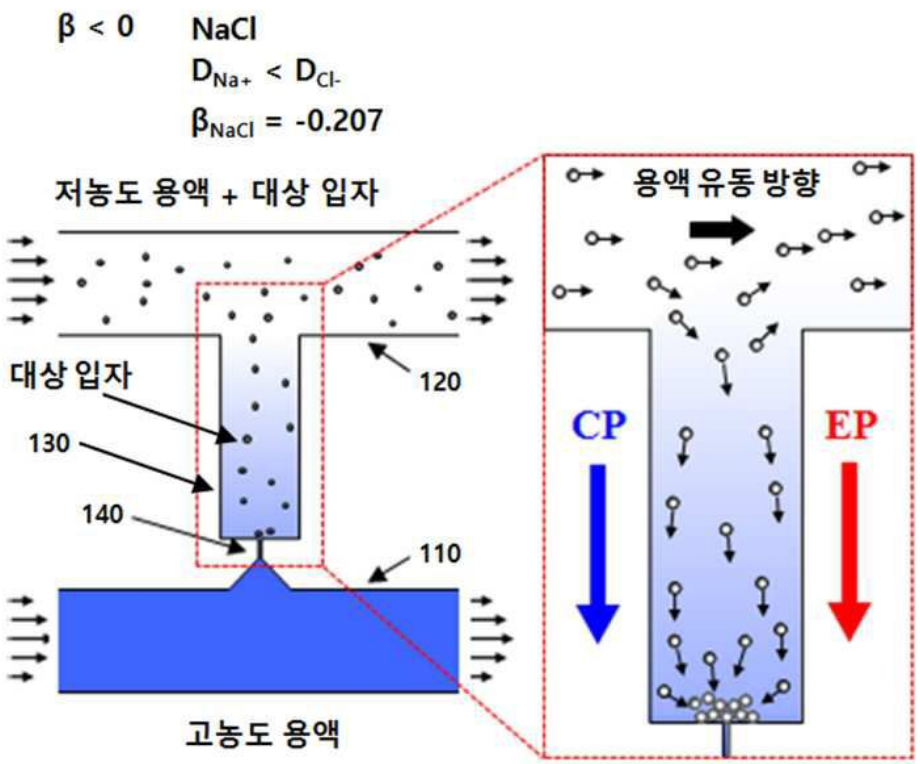
도면5


Normal. Fluor. Int. (AU)
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
FITC
PBS
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Time (min)

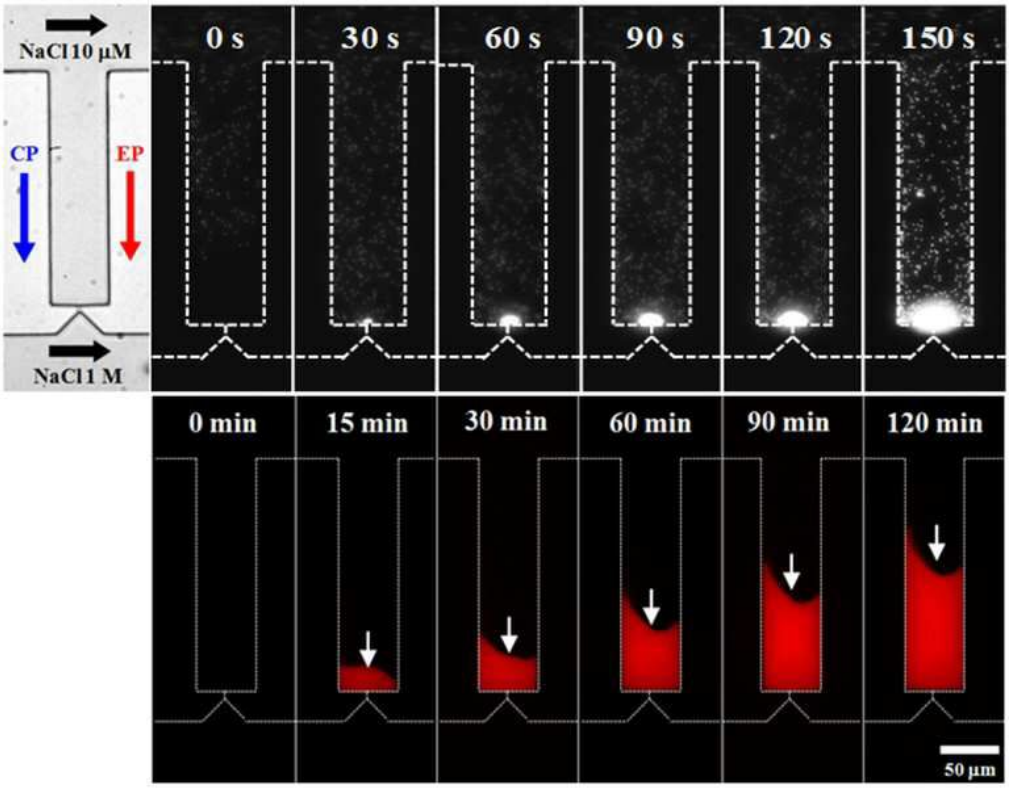
도면6



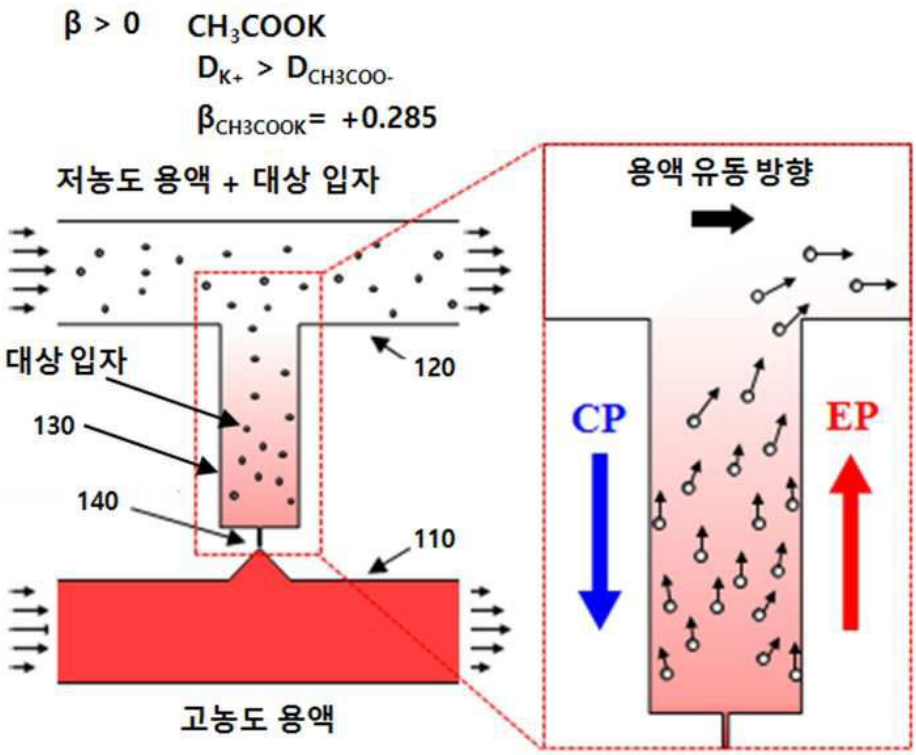
도면7


β < 0
NaCl
$D_{Na+} < D_{Cl-}$
$\beta_{NaCl} = -0.207$
저농도 용액 + 대상 입자
용액 유동 방향
대상 입자
120
130
140
110
CP
EP
고농도 용액

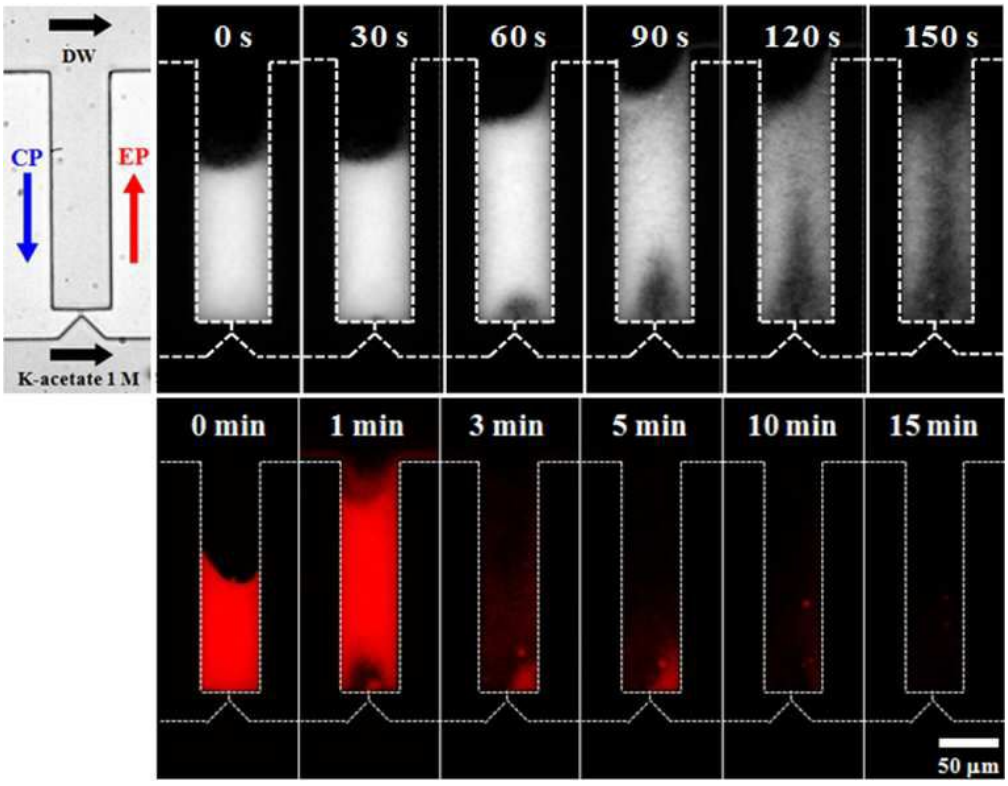
도면8


NaCl10 μM
NaCl1 M
CP
EP
0 s
30 s
60 s
90 s
120 s
150 s
0 min
15 min
30 min
60 min
90 min
120 min
50 μm

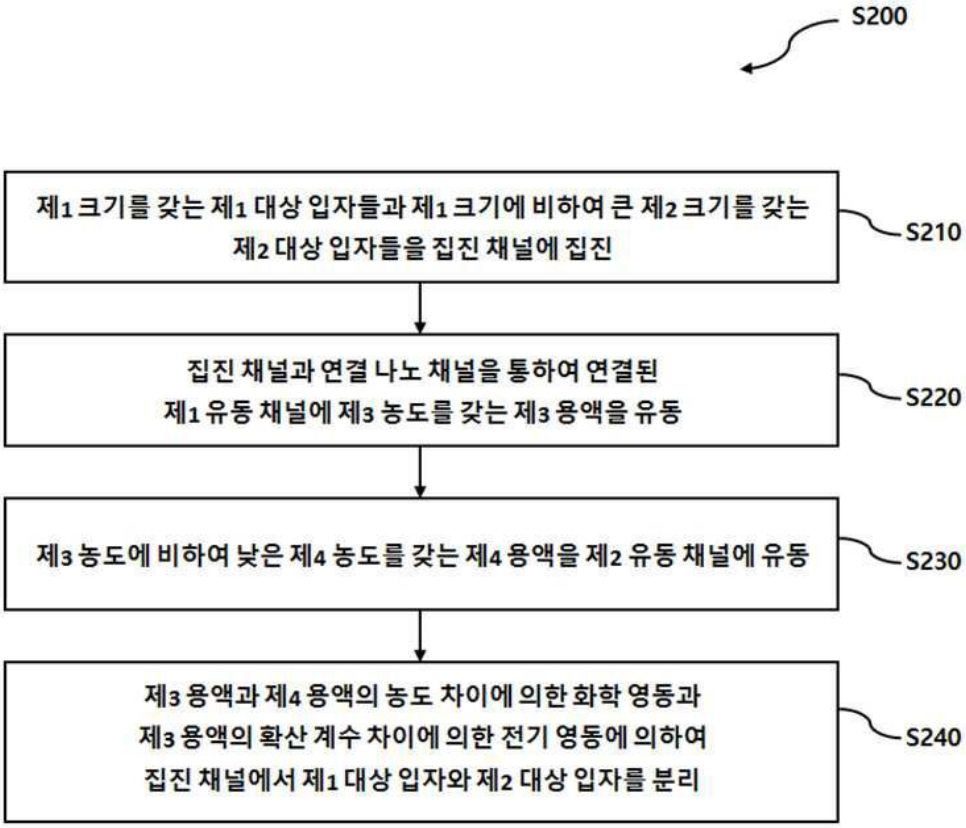
도면9


β > 0 CH3COOK
DK+ > DCH3COO-
βCH3COOK= +0.285
저농도 용액 + 대상 입자
용액 유동 방향
대상 입자
120
130
140
110
CP
EP
고농도 용액

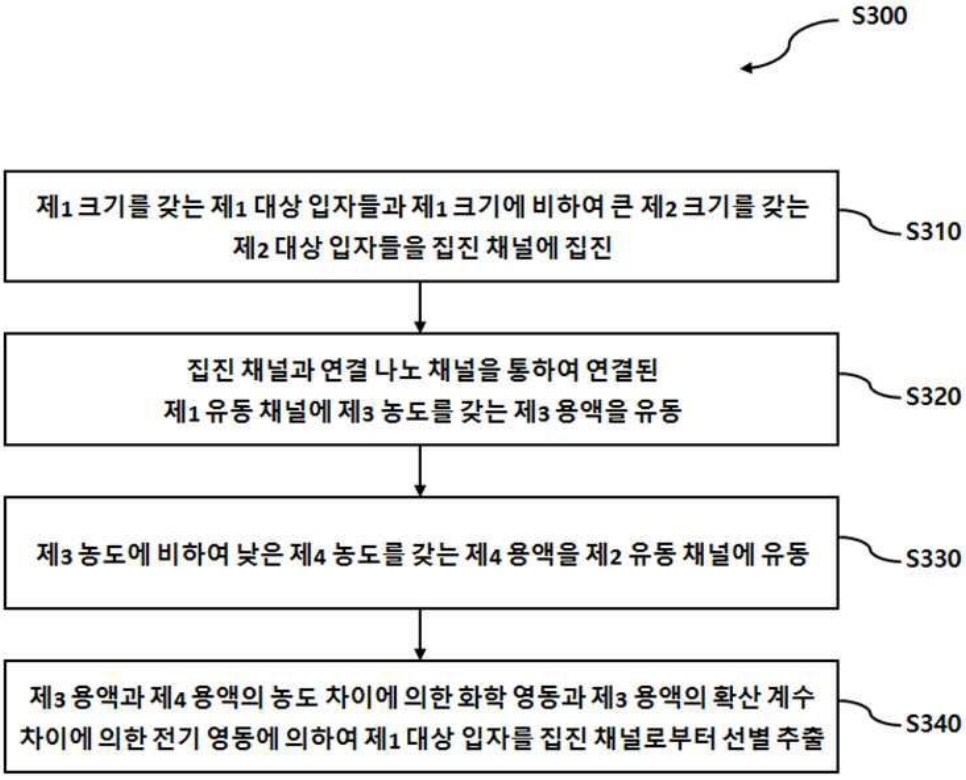
도면10


DW
CP
EP
K-acetate 1 M
0 s
30 s
60 s
90 s
120 s
150 s
0 min
1 min
3 min
5 min
10 min
15 min
50 μm

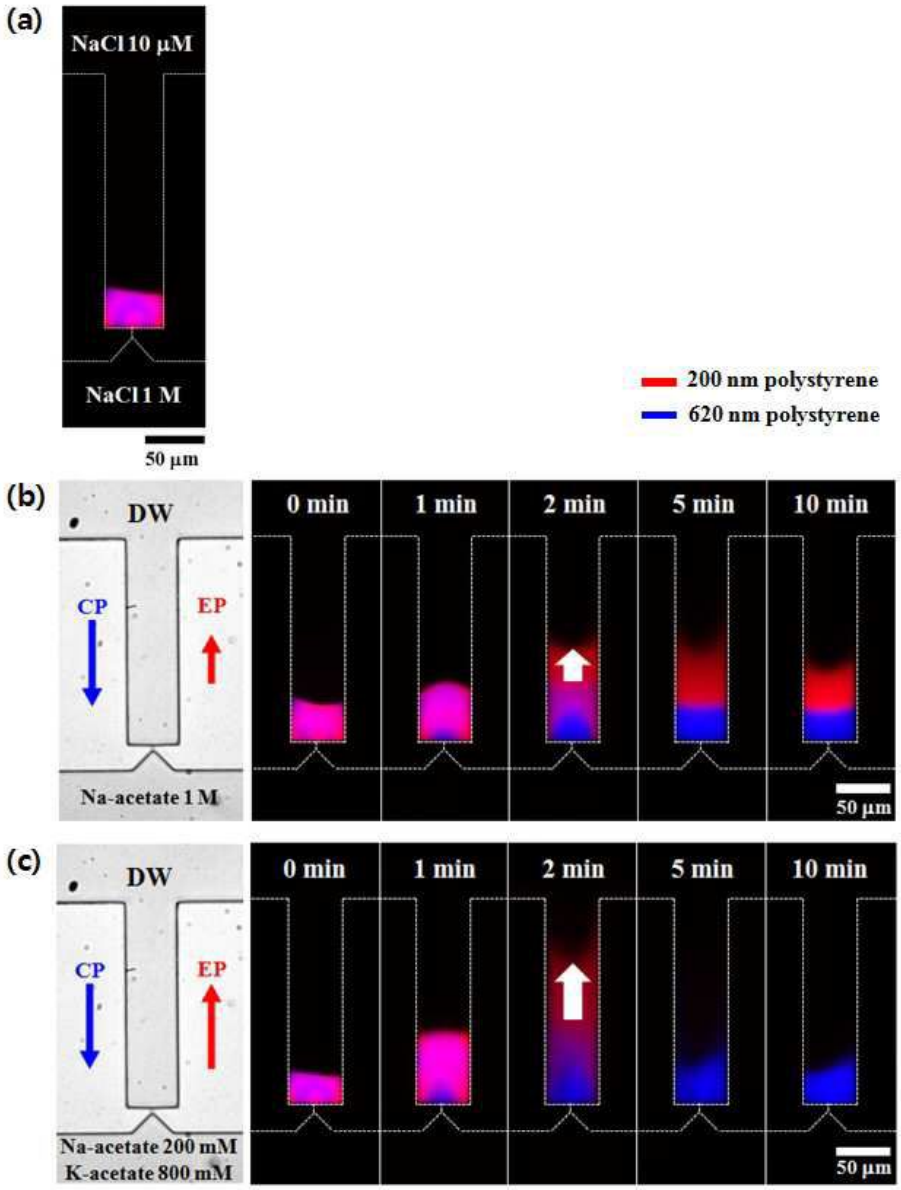
도면11


S200
제1 크기를 갖는 제1 대상 입자들과 제1 크기에 비하여 큰 제2 크기를 갖는 제2 대상 입자들을 집진 채널에 집진
S210
집진 채널과 연결 나노 채널을 통하여 연결된 제1 유동 채널에 제3 농도를 갖는 제3 용액을 유동
S220
제3 농도에 비하여 낮은 제4 농도를 갖는 제4 용액을 제2 유동 채널에 유동
S230
제3 용액과 제4 용액의 농도 차이에 의한 화학 영동과 제3 용액의 확산 계수 차이에 의한 전기 영동에 의하여 집진 채널에서 제1 대상 입자와 제2 대상 입자를 분리
S240

도면12


S300
제1 크기를 갖는 제1 대상 입자들과 제1 크기에 비하여 큰 제2 크기를 갖는 제2 대상 입자들을 집진 채널에 집진
S310
집진 채널과 연결 나노 채널을 통하여 연결된 제1 유동 채널에 제3 농도를 갖는 제3 용액을 유동
S320
제3 농도에 비하여 낮은 제4 농도를 갖는 제4 용액을 제2 유동 채널에 유동
S330
제3 용액과 제4 용액의 농도 차이에 의한 화학 영동과 제3 용액의 확산 계수 차이에 의한 전기 영동에 의하여 제1 대상 입자를 집진 채널로부터 선별 추출
S340

도면13


(a)
NaCl 10 μM
NaCl 1 M
50 μm
200 nm polystyrene
620 nm polystyrene
(b)
DW
CP
EP
Na-acetate 1 M
0 min
1 min
2 min
5 min
10 min
50 μm
(c)
DW
CP
EP
Na-acetate 200 mM
K-acetate 800 mM
0 min
1 min
2 min
5 min
10 min
50 μm