



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년02월03일

(11) 등록번호 10-2212223

(24) 등록일자 2021년01월29일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01L 3/00 (2006.01) *G01N 15/10* (2006.01)
G01N 27/447 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
B01L 3/50273 (2013.01)
B01D 57/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-0132353
- (22) 출원일자 2019년10월23일
 심사청구일자 2019년10월23일
- (56) 선행기술조사문헌
 KR101338291 B1
 ACS Nano 2019, vol. 13, pp. 12939-12948
 Proceedings of 22nd International Conference
 on Miniaturized Systems for Chemistry and
 Life Sciences 2018, pp. 12-13

- (73) 특허권자
 울산과학기술원
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
- (72) 발명자
 김태성
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
 이경훈
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
 이종완
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
- (74) 대리인
 전용준

전체 청구항 수 : 총 20 항

심사관 : 조한솔

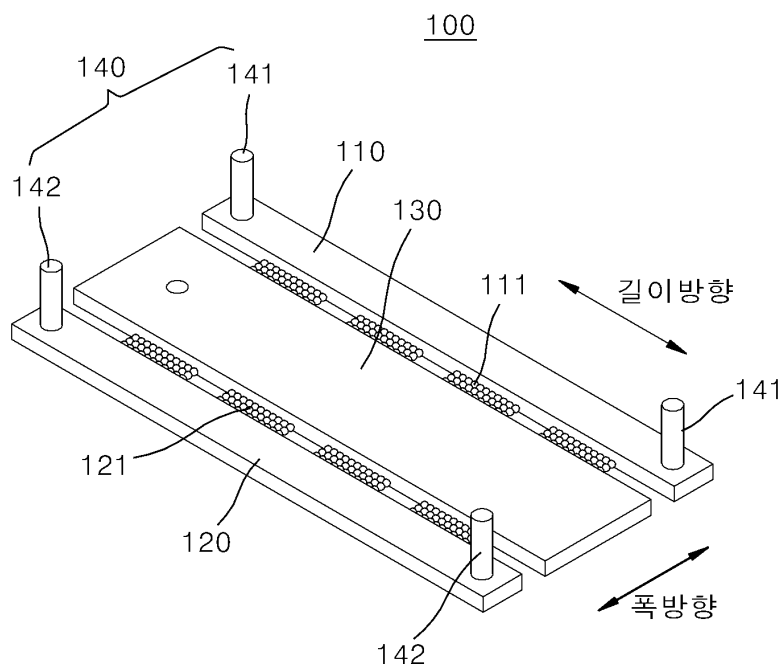
(54) 발명의 명칭 나노 입자 분리 장치 및 그 장치를 이용한 나노 입자 분리 방법

(57) 요약

본 발명은 제1농도를 갖는 제1용액이 유동하는 제1사이드 채널, 상기 제1농도와 다른 제2농도를 갖는 제2용액이 유동하는 제2사이드 채널, 상기 제1사이드 채널과 상기 제2사이드 채널에 각각 연통되며, 상기 제1사이드 채널과 제1연결 나노채널로 연통되고, 상기 제2사이드 채널과 제2연결 나노채널로 연통되며, 복수 개의 서로 다른 나노

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



입자들이 유동하되, 상기 제1연결 나노채널 및 상기 제2연결 나노채널로는 상기 나노 입자들이 통과하지 못하고 상기 제1용액 내의 이온 및 상기 제2용액 내의 이온이 각각 유동할 수 있는 메인채널 및 상기 메인채널의 폭 방향으로 전기장을 형성시키는 전원장치를 포함하고, 상기 제1용액과 상기 제2용액의 농도 차이에 의하여 상기 나노 입자들에 가해지는 확산 영동과, 상기 전기장에 의하여 상기 나노 입자들에 가해지는 전기 영동에 의하여 상기 나노 입자들이 받는 힘의 차이를 이용하여 상기 서로 다른 나노 입자들을 각각 분리하는, 나노 입자 분리 장치를 제공한다.

따라서 확산 영동과 전기 영동의 혼합 효과를 이용하므로, 확산 영동만을 이용하여 나노 입자를 분리할 때보다 나노 입자의 분리성능이 더 향상된다.

(52) CPC특허분류

B01L 3/502761 (2013.01)

G01N 15/1031 (2013.01)

G01N 27/44791 (2013.01)

B01L 2200/0652 (2013.01)

B01L 2300/0645 (2013.01)

B01L 2300/0861 (2013.01)

B01L 2400/0421 (2013.01)

B01L 2400/0472 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711083215
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	나노 패터닝을 위한 “크랙-포토리소그래피” 공정기술 개발
기 여 율	25/100
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2019.03.01 ~ 2020.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711087805
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원(R&D)
연구과제명	급속·정밀 냉각 기반 신경 신호전달 모델링 및 제어 기초연구실
기 여 율	25/100
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2019.03.01 ~ 2020.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1395059612
부처명	농촌진흥청
과제관리(전문)기관명	농촌진흥청
연구사업명	차세대바이오그린21(R&D)
연구과제명	초미세유체기술 기반의 배양환경 능동제어를 통한 범용·통합형 합성미생물 스크리닝 자동화 시스템 개발
기 여 율	50/100
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

제1농도를 갖는 제1용액이 유동하는 제1사이드 채널;

상기 제1농도와 다른 제2농도를 갖는 제2용액이 유동하는 제2사이드 채널;

상기 제1사이드 채널과 상기 제2사이드 채널에 각각 연통되며, 상기 제1사이드 채널과 제1연결 나노채널로 연통되고, 상기 제2사이드 채널과 제2연결 나노채널로 연통되며, 복수 개의 서로 다른 나노 입자들이 유동하되, 상기 제1연결 나노채널 및 상기 제2연결 나노채널로는 상기 나노 입자들이 통과하지 못하고 상기 제1용액 내의 이온 및 상기 제2용액 내의 이온이 각각 유동할 수 있는 메인채널; 및

상기 메인채널의 폭 방향으로 전기장을 형성시키는 전원장치를 포함하고,

상기 제1용액과 상기 제2용액의 농도 차이에 의하여 상기 나노 입자들에 가해지는 확산 영동과, 상기 전기장에 의하여 상기 나노 입자들에 가해지는 전기 영동에 의하여 상기 나노 입자들이 받는 힘의 차이를 이용하여 상기 서로 다른 나노 입자들을 각각 분리하는,

나노 입자 분리 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제1사이드 채널과 상기 제2사이드 채널은 서로 이격된 상태에서 평행하게 연장되는,

나노 입자 분리 장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 메인 채널은 상기 제1사이드 채널과 상기 제2사이드 채널 사이에서 상기 제1사이드 채널 및 상기 제2사이드 채널과 평행하게 연장되는,

나노 입자 분리 장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 전원장치는,

상기 제1사이드 채널에 연결되는 제1전극단자;

상기 제2사이드 채널에 연결되는 제2전극단자; 및

상기 제1전극단자 및 상기 제2전극단자 사이에 전위차를 가하는 전원을 포함하는,

나노 입자 분리 장치.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 제1사이드 채널의 연장 방향을 따라 상기 제1연결 나노 채널이 복수 개가 서로 이격되어 설치되어 있는,

나노 입자 분리 장치.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 메인채널의 하류에는 상기 서로 분리된 나노 입자들이 분기되어 각각 유입되는 복수 개의 배출채널들이 연통되어 있는,

나노 입자 분리 장치.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 나노 입자들은 크기가 서로 다른 입자들을 포함하는,

나노 입자 분리 장치.

청구항 8

제1농도를 갖는 제1용액이 유동하는 제1사이드 채널;

제2농도를 가지며, 상기 제1용액과는 상이한 제2용액이 유동하는 제2사이드 채널;

상기 제1사이드 채널과 상기 제2사이드 채널에 각각 연통되며, 상기 제1사이드 채널과 제1연결 나노채널로 연통되고, 상기 제2사이드 채널과 제2연결 나노채널로 연통되며, 복수 개의 서로 다른 나노 입자들이 유동하되, 상기 제1연결 나노채널 및 상기 제2연결 나노채널로는 상기 나노 입자들이 통과하지 못하고 상기 제1용액 내의 이온 및 상기 제2용액 내의 이온이 각각 유동할 수 있는 메인채널; 및

상기 메인채널의 폭 방향으로 전기장을 형성시키는 전원장치를 포함하고,

상기 제1용액과 상기 제2용액의 농도 차이에 의하여 상기 나노 입자들에 가해지는 확산 영동과, 상기 전기장에 의하여 상기 나노 입자들에 가해지는 전기 영동에 의하여 상기 나노 입자들이 받는 힘의 차이를 이용하여 상기 서로 다른 나노 입자들을 각각 분리하는,

나노 입자 분리 장치.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 제1사이드 채널과 상기 제2사이드 채널은 서로 이격된 상태에서 평행하게 연장되는,

나노 입자 분리 장치.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 메인채널은 상기 제1사이드 채널과 상기 제2사이드 채널 사이에서 상기 제1사이드 채널 및 상기 제2사이드 채널과 평행하게 연장되는,

나노 입자 분리 장치.

청구항 11

청구항 8에 있어서,

상기 전원장치는,

상기 제1사이드 채널에 연결되는 제1전극단자;

상기 제2사이드 채널에 연결되는 제2전극단자; 및

상기 제1전극단자 및 상기 제2전극단자 사이에 전위차를 가하는 전원을 포함하는,

나노 입자 분리 장치.

청구항 12

청구항 8에 있어서,

상기 제1사이드 채널의 연장 방향을 따라 상기 제1연결 나노 채널이 복수 개가 서로 이격되어 설치되어 있는,
나노 입자 분리 장치.

청구항 13

청구항 8에 있어서,

상기 메인채널의 하류에는 상기 서로 분리된 나노 입자들이 분기되어 각각 유입되는 복수 개의 배출채널들이 연
통되어 있는,

나노 입자 분리 장치.

청구항 14

청구항 8에 있어서,

상기 나노 입자들은 크기가 서로 다른 입자들을 포함하는,

나노 입자 분리 장치.

청구항 15

제1농도를 갖는 제1용액이 유동하는 제1사이드 채널, 상기 제1농도와 다른 제2농도를 갖는 제2용액이 유동하는
제2사이드 채널, 상기 제1사이드 채널과 상기 제2사이드 채널 사이에 배치되되, 상기 제1사이드 채널과 제1연결
나노채널로 연결되고, 상기 제2사이드 채널과 제2연결 나노채널로 연결되며 나노 입자가 유동하는 메인채널을
준비하여, 상기 제1용액을 상기 제1사이드 채널에 유동시키고, 상기 제2용액을 상기 제2사이드 채널에 유동시키
는 농도구배 형성단계;

상기 메인채널에 전압을 가하는 전압구배 형성단계;

상기 메인채널의 일 측에 복수 개의 서로 다른 나노 입자들을 주입하는 단계; 및

상기 제1용액과 상기 제2용액의 농도 차이에 의한 확산 영동과, 상기 가해지는 전압에 의한 전기 영동에 의하여
상기 메인채널의 일 측에서 타측으로 유동하는 상기 나노 입자들이 받는 힘의 차이를 이용하여 상기 나노 입자
들을 분리하는 단계를 포함하는,

나노 입자 분리 방법.

청구항 16

청구항 15에 있어서,

전압구배 형성단계에서는,

전원장치를 이용하여 상기 메인채널에 가해지는 전압을 조절하는,

나노 입자 분리 방법.

청구항 17

청구항 15에 있어서,

상기 나노 입자들은 크기가 서로 다른 입자들을 포함하는,

나노 입자 분리 방법.

청구항 18

제1농도를 갖는 제1용액이 유동하는 제1사이드 채널, 제2농도를 가지며, 상기 제1용액과는 상이한 제2용액이 유
동하는 제2사이드 채널, 상기 제1사이드 채널과 상기 제2사이드 채널 사이에 배치되되, 상기 제1사이드 채널과

제1연결 나노채널로 연결되고, 상기 제2사이드 채널과 제2연결 나노채널로 연결되며 나노 입자가 유동하는 메인 채널을 준비하여 상기 제1용액을 상기 제1사이드 채널에 유동시키고, 상기 제2용액을 상기 제2사이드 채널에 유동시키는 농도구배 형성단계;

상기 메인채널에 전압을 가하는 전압구배 형성단계;

상기 메인채널의 일 측에 복수 개의 서로 다른 나노 입자들을 주입하는 단계; 및

상기 제1용액과 상기 제2용액의 농도 차이에 의한 확산 영동과, 상기 가해지는 전압에 의한 전기 영동에 의하여 상기 메인채널의 일 측에서 타측으로 유동하는 나노 입자들이 받는 힘의 차이를 이용하여 상기 나노 입자들을 분리하는 단계를 포함하는,

나노 입자 분리 방법.

청구항 19

청구항 18에 있어서,

전압구배 형성단계에서는,

전원장치를 이용하여 상기 메인채널에 가해지는 전압을 조절하는,

나노 입자 분리 방법.

청구항 20

청구항 18에 있어서,

상기 나노 입자들은 크기가 서로 다른 입자들을 포함하는,

나노 입자 분리 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 나노 입자 분리 장치 및 그 장치를 이용한 나노 입자 분리 방법에 관한 것으로써, 보다 상세하게는 확산 영동과 전기 영동의 혼합 효과를 이용하여 나노 입자를 분리 하는 나노 입자 분리 장치 및 그 장치를 이용한 나노 입자 분리 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[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, 치료효과관정 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 정확하고 효율적으로 각각 분리하는 기술이 필요하다. 이러한 검사 대상 물질의 분리 기술에 주로 적용 되는 방법은 확산 영동을 이용하는 것이다. 다만, 확산 영동 방법만을 이용하여 검사 대상 물질을 분리하는 경우 검사 대상 물질에 포함되어 있는 입자들의 상대적인 크기에 따라 분리가 잘 되지 않는 경우가 빈번한 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 대한민국등록특허 제10-1511569호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 확산 영동과 전기 영동의 혼합 효과를 이용하여 나노 입자를 분리 하는 나노 입자 분리 장치 및 그 장치를 이용한 나노 입자 분리 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 제1농도를 갖는 제1용액이 유동하는 제1사이드 채널, 상기 제1농도와 다른 제2농도를 갖는 제2용액이 유동하는 제2사이드 채널, 상기 제1사이드 채널과 상기 제2사이드 채널에 각각 연통되며, 상기 제1사이드 채널과 제1연결 나노채널로 연통되고, 상기 제2사이드 채널과 제2연결 나노채널로 연통되며, 복수 개의 서로 다른 나노 입자들이 유동하되, 상기 제1연결 나노채널 및 상기 제2연결 나노채널로는 상기 나노 입자들이 통과하지 못하고 상기 제1용액 내의 이온 및 상기 제2용액 내의 이온이 각각 유동할 수 있는 메인채널 및 상기 메인채널의 폭 방향으로 전기장을 형성시키는 전원장치를 포함하고, 상기 제1용액과 상기 제2용액의 농도 차이에 의하여 상기 나노 입자들에 가해지는 확산 영동과, 상기 전기장에 의하여 상기 나노 입자들에 가해지는 전기 영동에 의하여 상기 나노 입자들이 받는 힘의 차이를 이용하여 상기 서로 다른 나노 입자들을 각각 분리하는, 나노 입자 분리 장치를 제공한다.

[0007] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 본 발명은 제1농도를 갖는 제1용액이 유동하는 제1사이드 채널, 제2농도를 가지며, 상기 제1용액과는 상이한 제2용액이 유동하는 제2사이드 채널, 상기 제1사이드 채널과 상기 제2사이드 채널에 각각 연통되며, 상기 제1사이드 채널과 제1연결 나노채널로 연통되고, 상기 제2사이드 채널과 제2연결 나노채널로 연통되며, 복수 개의 서로 다른 나노 입자들이 유동하되, 상기 제1연결 나노채널 및 상기 제2연결 나노채널로는 상기 나노 입자들이 통과하지 못하고 상기 제1용액 내의 이온 및 상기 제2용액 내의 이온이 각각 유동할 수 있는 메인채널 및 상기 메인채널의 폭 방향으로 전기장을 형성시키는 전원장치를 포함하고, 상기 제1용액과 상기 제2용액의 농도 차이에 의하여 상기 나노 입자들에 가해지는 확산 영동과, 상기 전기장에 의하여 상기 나노 입자들에 가해지는 전기 영동에 의하여 상기 나노 입자들이 받는 힘의 차이를 이용하여 상기 서로 다른 나노 입자들을 각각 분리하는 나노 입자 분리 장치를 제공한다.

[0008] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 본 발명은 제1농도를 갖는 제1용액이 유동하는 제1사이드 채널, 상기 제1농도와 다른 제2농도를 갖는 제2용액이 유동하는 제2사이드 채널, 상기 제1사이드 채널과 상기 제2사이드 채널 사이에 배치되되, 상기 제1사이드 채널과 제1연결 나노채널로 연결되고, 상기 제2사이드 채널과 제2연결 나노채널로 연결되며 나노 입자가 유동하는 메인채널을 준비하여, 상기 제1용액을 상기 제1사이드 채널에 유동시키고, 상기 제2용액을 상기 제2사이드 채널에 유동시키는 농도구배 형성단계, 상기 메인채널에 전압을 가하는 전압구배 형성단계, 상기 메인채널의 일 측에 복수 개의 서로 다른 나노 입자들을 주입하는 단계 및 상기 제1용액과 상기 제2용액의 농도 차이에 의한 확산 영동과, 상기 가해지는 전압에 의한 전기 영동에 의하여 상기 메인채널의 일 측에서 타측으로 유동하는 상기 나노 입자들이 받는 힘의 차이를 이용하여 상기 나노 입자들을 분리하는 단계를 포함하는 나노 입자 분리 방법을 제공한다.

[0009] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 본 발명은 제1농도를 갖는 제1용액이 유동하는 제1사이드 채널, 제2농도를 가지며, 상기 제1용액과는 상이한 제2용액이 유동하는 제2사이드 채널, 상기 제1사이드 채널과 상기 제2사이드 채널 사이에 배치되되, 상기 제1사이드 채널과 제1연결 나노채널로 연결되고, 상기 제2사이드 채널과 제2연결 나노채널로 연결되며 나노 입자가 유동하는 메인채널을 준비하여 상기 제1용액을 상기 제1사이드 채널에 유동시키고, 상기 제2용액을 상기 제2사이드 채널에 유동시키는 농도구배 형성단계, 상기 메인채널에 전압을 가하는 전압구배 형성단계, 상기 메인채널의 일 측에 복수 개의 서로 다른 나노 입자들을 주입하는 단계 및 상기 제1용액과 상기 제2용액의 농도 차이에 의한 확산 영동과, 상기 가해지는 전압에 의한 전기 영동에 의하여 상기 메인채널의 일 측에서 타측으로 유동하는 나노 입자들이 받는 힘의 차이를 이용하여 상기 나노 입자들을 분리하는 단계를 포함하는 나노 입자 분리 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0010] 본 발명에 따른 나노 입자 분리 장치 및 그 장치를 이용한 나노 입자 분리 방법은 다음과 같은 효과가 있다.

[0011] 첫째, 확산 영동과 전기 영동의 혼합 효과를 이용하므로, 확산 영동만을 이용하여 나노 입자를 분리할 때보다 나노 입자의 분리성능이 더 향상된다.

[0012] 둘째, 가해지는 전압을 변경 함으로써 나노 입자의 분리 정도를 간편하게 조절할 수 있다.

[0013] 셋째, 제1사이드 채널 및 제2사이드 채널에 각각 유동하는 용액의 종류 또는 전압이 가해지는 방향을 변경함으로써 나노 입자의 분리 방향도 간편하게 변경할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노 입자 분리 장치의 도시된 사시도이다.
 도 2는 도 1에 따른 나노 입자 분리 장치의 평면도이다.
 도 3은 도 1에 따른 나노 입자 분리 장치의 메인채널에서 길이방향을 따라서 나노 입자가 진행되는 모습을 나타내는 이미지 및 메인채널에서 길이방향을 따라서 달라지는 평균 농도 및 전기 전도도를 나타내는 그래프이다.
 도 4는 전압을 변화시킬 때, 메인채널에서 길이방향을 따라서 나노 입자의 속도가 변화하는 것을 나타내는 그래프이다.
 도 5는 도 1에 따른 나노 입자 분리 장치의 메인채널에서 길이방향을 따라서 나노입자가 진행되는 모습을 전압을 변화시키면서 관찰한 형광 이미지이다.
 도 6은 도 5에 따른 형광이미지를 각각 세기로 나타내는 그래프이다.
 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 나노 입자 분리 장치의 도시된 평면도이다.
 도 8은 도 1에 따른 나노 입자 분리 장치의 제2연결 나노채널을 제작하기 위한 장치를 나타내는 사시도이다.
 도 9는 도 8의 제2연결 나노채널을 제작하기 위한 장치의 평면도이다.
 도 10은 도 9의 X-X선에 따른 단면도이다.
 도 11은 도 8의 장치에서 자가조립 분리막의 형성과정을 나타내는 사시도이다.
 도 12는 도 8의 장치에서 자가조립 분리막의 형성 및 유체의 유출을 나타내는 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0016] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노 입자 분리 장치(100)는 제1사이드 채널(110), 제2사이드 채널(120), 메인채널(130), 제1연결 나노채널(111), 제2연결 나노채널(121) 및 전원장치(140)를 포함한다. 상기 나노 입자 분리 장치(100)는 확산 영동 및 전기 영동을 수행한다. 상기 확산 영동은 화학 영동(Chemiphoresis, CP)과 전기 영동(electrophoresis, 이하에서는 인위적으로 가해지는 전기적인 힘에 의한 전기 영동과의 구별을 위해 ‘EP’를 덧붙여 표시한다.)의 합으로 나타나게 된다. 이 때 상기 확산 영동에 포함되어 있는 전기 영동(EP)은 용액에 포함되어 있는 이온들의 전하량에 따라 발생하는 전기적인 힘인데 반해, 전기 영동은 상기 나노 입자의 분리를 용이하게 하기 위해 인위적으로 가해주는 전기적인 힘을 의미한다. 상기 화학 영동은 고농도를 향하는 방향으로 이루어지고, 상기 전기 영동(EP)은 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.

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

[0017]

[0018] 여기에서, β 는 확산 계수 차이이고, D_+ 는 용액 내의 양이온의 확산 계수이고, D_- 는 용액 내의 음이온의 확산 계수이다. 상기 제1사이드 채널(110)은 제1농도를 갖는 제1용액이 유동한다. 상기 제2사이드 채널(120)은 상기 제1농도에 비하여 낮은 제2농도를 갖는 제2용액이 유동한다. 물론 상기 제1용액의 제1농도가 상기 제2용액의 제2농도보다 낮게 형성될 수도 있다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 상기 제1용액과 상기 제2용액이 동일한 것으로 사용할 수도 있다. 물론 이 때는 상기 제1용액과 상기 제2용액의 종류는 상이한 것을 사용한다. 이는 상기 제1사이드 채널(110)로부터 상기 제2사이드 채널(120) 방향으로 농도구배를 형성하거나, 상기 제2사이드 채널(120)로부터 상기 제1사이드 채널(110) 방향으로 농도구배를 형성하기 위함이다. 상기 제1용액의 유동 방향과 상기 제2용액의 유동 방향은 각각의 채널의 길이 방향으로 동일한 방향이다. 물론 상기 제1용액의 유동 방향

과 상기 제2용액의 유동 방향은 서로 반대 방향일 수 있다.

- [0019] 상기 제1사이드 채널(110) 및 상기 제2사이드 채널(120)은 500 μm 의 폭(W) 및 60 μm 의 높이(H)를 갖는다. 물론 상기 제1사이드 채널(110) 및 상기 제2사이드 채널(120)은 100 μm 내지 600 μm 범위의 폭(W) 및 5 μm 내지 100 μm 범위의 높이(H)를 가질 수 있다. 또한 상기 제1사이드 채널(110) 및 상기 제2사이드 채널(120)은 상기 폭이나 높이에 비하여 상대적으로 긴 5 mm의 길이(L)를 갖는다. 물론 상기 제1사이드 채널(110) 및 상기 제2사이드 채널(120)은 1 mm 내지 20 mm의 길이(L)를 가질 수도 있다. 본 실시예에서는 상기 제1사이드 채널(110) 및 상기 제2사이드 채널이 서로 동일한 치수를 갖는 것을 예로 들었으나 상기 제1사이드 채널(110) 및 상기 제2사이드 채널(120)은 서로 다른 치수를 가질 수 있다.
- [0020] 그리고 상기 제1사이드 채널(110) 및 상기 제2사이드 채널(120)은 서로 이격된 상태에서 평행하게 연장되도록 배치된다. 이 때 상기 메인채널(130) 또한 상기 제1사이드 채널(110)과 상기 제2사이드 채널(120) 사이에서 상기 제1사이드 채널(110) 및 상기 제2사이드 채널(120)과 평행하게 연장되도록 배치된다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 상기 제1사이드 채널(110), 상기 제2사이드 채널(120) 및 상기 메인채널(130)의 배치 구조를 변경 가능하다.
- [0021] 상기 제1용액 및 상기 제2용액은 양이온과 음이온으로 분리되는 용질을 포함한다. 본 실시예에서 상기 제1용액은 염화 나트륨(NaCl) 수용액을 사용하고, 상기 제2용액은 아세트산 칼륨(K-Acetate) 수용액을 사용한다. 물론 상기 제1용액과 상기 제2용액의 종류는 변경이 가능하다.
- [0022] 상기 제1연결 나노채널(111)은 상기 제1사이드 채널(110)의 연장(길이) 방향을 따라서 복수 개가 서로 이격되어 설치된다. 또한 상기 제2연결 나노채널(121)은 상기 제2사이드 채널(120)의 연장(길이) 방향을 따라서 복수 개가 서로 이격되 설치된다. 상기 제1연결 나노채널(111) 및 상기 제2연결 나노채널(121)은 상기 제1용액 내의 이온 및 상기 제2용액 내의 이온은 통과시키지만, 상기 나노 입자들은 통과하지 못하는 크기 및 구조로 형성된다. 상기 제1연결 나노채널(111) 및 상기 제2연결 나노채널(121)은 나노입자 간의 자가조립 분리막(self-assembled particle membrane, SAPM)으로 형성된다. 상기 자가조립 분리막의 형성 방법에 대해서는 도 8 내지 도 12에서 상세하게 설명한다.
- [0023] 상기 메인채널(130)은 상기 제1사이드 채널(110) 및 상기 제2사이드 채널(120)과 각각 연통된다. 이 때 상기 메인 채널(130)은 상기 제1사이드 채널(110)과는 제1연결 나노채널(111)로 연통되고, 상기 제2사이드 채널(120)과는 제2연결 나노채널(121)로 연통된다. 상기 메인채널(130)은 복수 개의 서로 다른 나노 입자들이 유동할 수 있다. 본 실시예에서는 상기 나노 입자들이 상기 메인채널(130)의 길이 방향을 따라서 일측에서 타측으로 유동하도록 주입한다. 이 때 상기 나노 입자들은 상기 메인채널(130)을 유동하는 동안, 상기 제1연결 나노채널(111) 및 상기 제2연결 나노채널(121)로는 통과할 수 없다. 따라서 상기 메인채널(130) 내를 유동하는 나노 입자들은 상기 제1사이드 채널(110)이나 상기 제2사이드 채널(120)로 유출되지 않고 모두 상기 메인채널(130)의 일측에서 타측으로 유동한다. 물론 상기 제1용액 내의 이온들 및 상기 제2용액 내의 이온들은 상기 제1연결 나노채널(111) 및 상기 제2연결 나노채널(121)을 통과할 수 있다. 이때 상기 제1용액과 상기 제2용액은 동일한 종류의 용액일 수 있고, 상이한 종류의 용액일 수 있다.
- [0024] 본 실시예에서는 상기 메인채널(130)을 유동하는 나노 입자들은 음(-)으로 대전된 입자를 사용한다. 이 때 상기 염화나트륨 용액은 상기 확산 계수 차이가 음의 값을 갖고, 아세트산 칼륨 용액은 상기 확산 계수 차이가 양의 값을 갖는다. 따라서 상기 염화나트륨 용액의 음이온은 양이온보다 상기 제1사이드 채널(110)으로부터 상기 제2사이드 채널(120) 방향으로 빠르게 확산되고, 상기 아세트산 칼륨 용액의 양이온은 음이온보다 상기 제2사이드 채널(120)로부터 상기 제1사이드 채널(110) 방향으로 빠르게 확산된다. 그러므로 상기 음으로 대전된 나노 입자들은 상기 제1사이드 채널(110) 방향으로 확산 영동에 의한 힘을 받게 된다. 물론 상기 나노 입자들을 양(+)으로 대전된 것을 사용하는 것 또한 가능하다.
- [0025] 상기 전원장치(140)는 제1전극단자(141), 제2전극단자(142) 및 상기 제1전극단자(141)와 상기 제2전극단자(142)에 전위차를 가하는 전원(미도시)을 포함한다. 상기 제1전극단자(141)는 상기 제1사이드 채널(110)에 연결되도록 설치된다. 그리고 상기 제2전극단자(142)는 상기 제2사이드 채널(120)에 연결되도록 설치된다. 본 실시예에서 상기 제1전극단자(141)와 연결된 상기 제1사이드 채널(110)은 접지하고, 상기 제2전극단자(142)와 연결된 상기 제2사이드 채널(120)에 전위를 0.25V 내지 0.75V로 변화 시키면서 적용한다. 이러한 상황에서 상기 메인채널(130)에는 확산 영동과 전기 영동이 동시에 발생하고, 상기 나노 입자들은 상기 확산 영동과 상기 전기 영동의 혼합 효과에 의해 움직임이 조절된다.

- [0026] 이하에서는 도 1에 따른 장치를 이용하여 나노 입자를 분리하는 원리를 설명한다. 상기 제1사이드 채널(110)에는 염화 나트륨 용액을 유동시키고, 상기 제2사이드 채널(120)에는 아세테이트 칼륨 용액을 유동시킨다. 상기 제1사이드 채널(110)을 유동하는 염화 나트륨 용액은 상기 제1연결 나노채널(111)을 통해 상기 메인채널(130)로 확산되고, 상기 제2사이드 채널(120)을 유동하는 아세테이트 칼륨 용액은 상기 제2연결 나노채널(121)을 통해서 상기 메인채널(130)로 확산된다. 이러한 과정을 통해 상기 메인채널(130) 내부에 상기 염화 나트륨과 상기 아세테이트 칼륨의 농도 구배를 만들어 준다. 상기 염화 나트륨과 상기 아세테이트 칼륨에 의해 만들어진 농도 구배는 상기 메인채널(130)에 들어온 상기 나노 입자들에 확산 영동을 발생시켜서 상기 나노 입자들이 움직이는 원동력(이하에서 ‘제1원동력’이라 한다.)이 된다.
- [0027] 그리고 상기 제1사이드 채널(110)에는 그라운드(ground)를 연결하고, 상기 제2사이드 채널(120)에는 플러스(+) 전압을 걸어주어, 상기 메인채널(130)에 전압 구배(potential gradient)를 형성한다. 상기 전압 구배는 상기 메인채널(130) 내부에서 상기 나노 입자에 전기 영동을 발생시켜서 상기 나노입자가 움직이는 다른 원동력(이하에서 ‘제2원동력’)이 된다. 이 때 상기 메인채널(130) 내부에서 작용하는 상기 확산 영동과 상기 전기 영동의 크기는 상기 메인채널(130)의 길이 방향에 따라 다르게 형성된다. 상기 나노 입자 분리 장치(100)는 상기 두 가지 원동력을 적절히 조합하여 혼합효과를 일으킴으로써 상기 두 가지 원동력 중 한 가지만 작용할 때보다 높은 나노 입자 분리 효과를 나타내는 장점이 있다.
- [0028] 도 3을 참조하면, 도 1에 따른 장치(100)에서, 상기 메인채널(130)의 전기 전도도는 입구 부분에서 가장 낮게 나타난다. 이는 전압이 발생할 때 높은 전압 구배를 발생시킨다. 따라서 상기 전압 구배는 상기 메인채널(130)의 입구 부분인 일측에서 집중적으로 발생하고, 채널의 출구 부분인 타측에서는 거의 발생되지 않는다. 상기 전기 영동은 상기 전압 구배의 크기에 따라 작용하므로, 이를 통해 상기 전기 영동의 상기 메인채널(130)의 입구 부분에서 주로 발생됨을 알 수 있다. 즉, 상기 메인채널(130)의 입구 부분에서는 상기 나노 입자들에 상기 전기 영동의 영향이 크게 작용한다.
- [0029] 반면에 상기 확산 영동은 농도의 구배에 따라서 크기가 결정 되므로, 상기 메인채널(130)의 입구 부분에 비해서 충분한 확산이 일어난 출구 부분에서 주로 발생된다. 즉, 상기 메인채널(130)의 출구 부분에서는 상기 나노 입자들에 상기 확산 영동의 영향이 크게 작용한다.
- [0030] 도 4를 참조하면, 도 4는 확산 영동과 전기 영동에 의한 나노 입자들의 속도를 나타내는 그래프이다. 위에서 설명한 것처럼 상기 확산 영동과 상기 전기 영동이 주로 발생하는 구역이 다르므로 상기 구역에 따라서 상기 나노 입자들이 움직이는 방향은 변한다. 즉, 전압이 0V일 때는 상기 나노 입자의 속도가 상기 메인채널(130)의 길이 방향으로 모두 0 μ m/s 보다 크므로 한 방향으로만 움직인다. 반면에 전압이 0.5V 가해지면, 상기 나노 입자들이 상기 메인채널(130)의 입구 부분에서는 상기 제2사이드 채널(120) 방향으로 이동하다가, 상기 메인채널(130)의 출구(하류) 방향으로 갈수록 다시 상기 제1사이드 채널(110) 방향으로 방향을 전환한다. 여기서 상기 나노 입자들의 속도가 0보다 크면 상기 나노 입자들이 상기 제1사이드 채널(110) 방향으로 움직이는 것을 의미하고, 상기 나노 입자들의 속도가 0보다 작으면 상기 나노 입자들이 상기 제2사이드 채널(120) 방향으로 움직이는 것을 의미한다. 즉, 도 3 및 도 4에 의할 때, 확산 영동과 전기 영동을 적절히 혼합하면 상기 나노 입자들이 상기 메인채널(130) 내부에서 방향 전환이 가능함을 알 수 있다. 또한 상기 나노 입자들이 상기 방향 전환을 하는 것을 이용하면 상기 나노 입자들을 분리하는 효율 및 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0031] 도 5는 도 1에 따른 장치(100)의 메인채널(130)에서, 길이방향을 따라서 500nm와 200nm 직경의 폴리스티렌 나노 입자들이 진행하는 모습을 전압을 변화시키면서 관찰한 형광 이미지이다. 도 5를 참조하면, (a)는 전압이 0V일 때로써, 상기 두 나노 입자들이 거의 겹쳐서 형광이미지 상으로 구분이 거의 불가능하다. 이는 상기 확산 영동만 사용하면 상기 두 나노 입자의 분리가 어렵다는 것을 의미한다. 여기서 전압이 0V인 것은 상기 확산 영동과 전기 영동을 혼합한 것이 아닌 확산 영동만 있는 상태와 동일하다. 반면에 전압을 0.25V, 0.5V 및 0.75V로 바꿔 가면서 상기 전기 영동을 생성시켜주면, 상기 두 나노 입자들이 분리되는 것을 볼 수 있다.
- [0032] 도 6은 도 5에 따른 형광이미지를 각각 세기로 나타내는 그래프이다. 도 6을 참조하면, 확산 영동만 존재하는 경우, 즉 전압이 0V인 경우에는 상기 두 나노 입자들의 형광세기를 분리하기 힘들지만, 전압이 0.75V일 때는 상기 두 나노 입자들의 형광세기가 거의 모두 분리되는 것을 볼 수 있다. 따라서 도 1의 장치(100)를 이용하면 확산 영동과 전기 영동의 혼합 효과를 이용하여 나노 입자들의 분리 성능을 향상시킬 수 있다. 또한 이를 통해 상기 나노 입자들이 확산 영동과 전기영동의 혼합환경에 있을 때, 어떤 움직임을 보이는 지도 알 수 있다.
- [0033] 도 7을 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 나노 입자 분리 장치(200)는 제1사이드 채널(210), 제1연결 나노채널(211), 제2사이드 채널(220), 제2연결 나노채널(221), 메인채널(230), 나노 입자 유입구(231), 나노 입자

배출구(232) 및 전원장치(240)를 포함한다. 본 실시예에 따른 장치(200)는 도 1에 따른 장치(100)와 비교할 때, 상기 메인채널(230)에 상기 나노 입자 유입구(231) 및 상기 나노 입자 배출구(232)가 더 포함되어 있는 점이 상이하다. 그 외의 구성은 도 1에 따른 장치(100)와 유사하므로 설명을 생략한다.

[0034] 본 실시예에서 상기 나노 입자 유입구(231)는 하나로 형성되고, 상기 나노 입자 배출구(232)는 복수개로 형성된 것을 예로 든다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 상기 나노 입자 유입구(231)를 복수 개로 형성할 수 있다. 상기 나노 입자들은 상기 나노 입자 유입구(231)에 연결되어서, 상기 나노 입자들의 주입에 사용되는 유입채널(231')을 통해 주입된다. 물론 상기 나노 입자들은 상기 유입채널(231')을 통하지 않고 상기 메인채널(130)에 직접 주입될 수도 있다. 또한 상기 나노 입자 배출구(232)들 각각은 상기 나노 입자들을 배출시키기 위해 서로 이격되어 설치되는 복수 개의 배출채널(232')들과 연결되어 있다. 물론 상기 나노 입자들은 상기 배출채널(232')을 통하지 않고 상기 메인채널(130)로부터 직접 배출될 수도 있다.

[0035] 도 8 내지 12는 도 1의 제1연결 나노채널(111) 및 상기 제2연결 나노채널(121)을 형성하는 자가조립 분리막을 제작하는 방법을 도시한다. 도 8을 참조하면 상기 자가조립 분리막 제조장치(300)는 제1사이드 채널(310), 제2사이드 채널(320), 제1마이크로 챔버(330) 및 제2마이크로 챔버(321)를 포함한다. 먼저 상기 제2사이드 채널(320) 내로 주입된 미세입자들을 포함하는 유체를 유동시킨다. 일 측에 연통되게 연결된 상기 마이크로 챔버(321)로 상기 미세입자들을 포함하는 상기 유체를 공급한다. 여기서, 상기 미세입자는 공극형성이 용이하도록 구형(Spherical shape)으로 형성하되, 200nm 내지 1000nm의 직경을 갖도록 형성한다. 또한 상기 미세입자는, 인접하는 상기 미세입자와의 사이에 형성되는 공극의 크기가 집적되는 미세입자 집적물의 크기보다 작도록 형성된다.

[0036] 한편, 생성되는 상기 자가조립 분리막의 폭 넓이는 사용자의 용도 및 사용목적에 따라 소프트 리소그래피(Soft Lithography) 기술을 이용해 조절이 가능하며, 높이(두께)는 10 μ m 내지 60 μ m 이내, 바람직하게는 5 μ m 내지 30 μ m 이내로 제작하는 것이 바람직하다. 이는, 상기 제1마이크로 챔버(330)와 상기 제2마이크로 챔버(321)의 내부의 단차로 인한 유체유입 방지 및 미세입자가 포함된 용액 내부의 수분을 증발시켜 상기 자가조립 분리막의 제작이 용이하기 때문이며, 세부적으로는 만약 상기 자가조립 분리막의 높이가 5 μ m 미만일 경우에는 유체 유동이 원활하지 않고, 60 μ m를 초과하게 되면 상기 자가조립 분리막이 생성이 어렵기 때문이다.

[0037] 또한, 상기 미세입자는 실리카(Silica), 카르복실화 미세입자(Carboxylated particle) 등을 적용할 수 있다. 나아가, 상기 유체는 취급이 용이한 물을 적용하였으나, 이는 일 실시예로 상기 자가조립 분리막의 구조에 영향을 미치는 벤젠(Benzene)류를 제외한 증발 가능한 유체라면 모두 사용 가능한 물론이다. 상기 제1사이드 채널(310)은, 상기 제2사이드 채널(320)과 이격되게 위치하고 상기 제1마이크로 챔버(330)와 연통되게 연결되며, 제1사이드 채널(320)의 유로를 통하여 상기 제2마이크로 챔버(321)에 형성되는 상기 자가조립 분리막을 통과한 상기 유체를 공급받아 유출한다.

[0038] 한편, 상기 제1사이드 채널(310)은 공기로 채워져 상기 자가조립 분리막을 통과한 상기 유체가 용이하게 증발할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 이때, 상기 유체의 증발을 위하여, 상기 제1사이드 채널(310)은 상기 제1마이크로 챔버(330)보다 압력이 낮은 조건을 갖도록 하여 상기 유체의 증발을 유도할 수 있다. 여기서, 상기 제1사이드 채널(310)의 환경이 압력이 낮은 환경이 되도록 하기 위하여 상기 제1사이드 채널(310)을 상기 제1마이크로 챔버(330)에 비하여 넓은 공간(부피)을 형성하도록 하여 상기 유체가 팽창하여 증발하도록 할 수 있다. 하지만, 이는 일 실시예로 상기한 유체 증발의 목적을 달성할 수 있다면 다양한 실시예가 적용가능함은 물론이다.

[0039] 상기 제1 마이크로 챔버(330)는, 상기 제1사이드 채널(310)과 상기 제2사이드 채널(320) 사이에 연통되게 구비되고, 유로가 형성되어 상기 제2사이드 채널(320)로부터 상기 미세입자가 포함된 상기 유체를 공급받고, 상기 자가조립 분리막에 의하여 형성된 모세관압을 통하여 상기 제1사이드 채널(310)로 상기 유체를 유출 이동시킨다.

[0040] 상세하게, 상기 제2마이크로 챔버(321)는, 유동방향에 대하여 선단에 위치하고 상기 제2사이드 채널(310)과 연통되어 상기 제2사이드 채널(320)로부터 상기 미세입자가 포함된 유체를 공급받는다. 상기 제1마이크로 챔버(330)는, 상기 제2마이크로 챔버(321)와 연통되고 유동방향에 대하여 후단에 위치하며 상기 제1사이드 채널(310)과 연통된다.

[0041] 한편, 상기 제2마이크로 챔버(321)에서 상기 제1마이크로 챔버(330)로 갈수록 평단면 형상이 점진적으로 좁아지는 형상으로 형성되어 있으며, 도시된 바와 같이 삼각 형상을 이루고 있다. 하지만, 이는 유체의 유속증가 또는 제작상의 필요함 등을 위한 일 실시예로 상기한 목적을 달성할 수 있다면 상기한 삼각형상 외에 도 1에서와

같이 사각형상도 가능함은 물론이다. 상기 제2마이크로 챔버(321)의 통과 단면적이 상기 제1마이크로 챔버(330)의 통과 단면적보다 작게 형성되어 있으며, 상기 제2마이크로 챔버(321)에서 주로 상기 미세입자들이 자가조립되어 자가조립 분리막 형성을 이룬다.

[0042] 상기 자가조립 분리막은, 상기 미세입자들이 상기 제2마이크로 챔버(321) 내에서 자가조립(Self-assembled)에 의하여 적층 배열되고 결합되면서 형성되며, 이에 상기 유체는 상기 자가조립 분리막을 이루는 상기 미세입자들 사이를 통하여 유출된다.

[0043] 상기 자가조립 분리막 제조장치(300)에서 상기 자가조립 분리막의 형성과정을 구체적으로 살펴보기로 한다. 먼저 도 11의 (a)는 미세입자가 포함된 유체가 상기 제2사이드 채널(320)로부터 상기 제2마이크로 챔버(321)로 유입된 상태를 나타내고 있다. 그런 다음 미세입자가 포함된 유체의 유입을 중단한 후 일정 시간이 경과하면 도 11의 (b) 및 도 12에 나타난 바와 같이 상기 제2마이크로 챔버(321)에서 상기 미세입자들이 자가조립하면서 상기 자가조립 분리막이 생성된다. 이렇게 자가조립 분리막이 생성되면, 상기 자가조립 분리막의 상기 미세입자들 사이에서 모세관압이 생성되면서 상기 모세관압에 의하여 상기 유체가 상기 제1사이드 채널(310)로 이동하여 증발하고, 상기 미세입자가 상기 제2사이드 채널(320)에서 상기 제1사이드 채널(310)방향으로 이동을 하게 된다. 그러면 시간이 지날수록 상기 미세입자들이 상기 제2마이크로 챔버(321) 내에서 집적된다. 이러한 매커니즘은 마란고니 효과(Marangoni effect)에 의하여 설명될 수 있으며, 이에 대한 상세한 설명은 공지된 사항으로 생략하기로 한다.

[0044] 상기한 바와 같이 상기 제2마이크로 챔버(321)에서 상기 자가조립 분리막이 형성되면, 도 11의 (c)에 나타난 바와 같이 블로잉(Blowing) 및 건조(Drying) 과정을 거쳐 마무리한다. 이상은 도 1에 따른 장치에서 제2사이드 채널(320)과 메인채널(130)을 연결하는 제2연결 나노채널(121)의 제조 방법을 설명한 것이다. 물론 제1사이드 채널(310)과 메인채널(130)을 연결하는 제1연결 나노채널(111)의 제조 방법도 동일하게 수행할 수 있다.

[0045] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허 청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

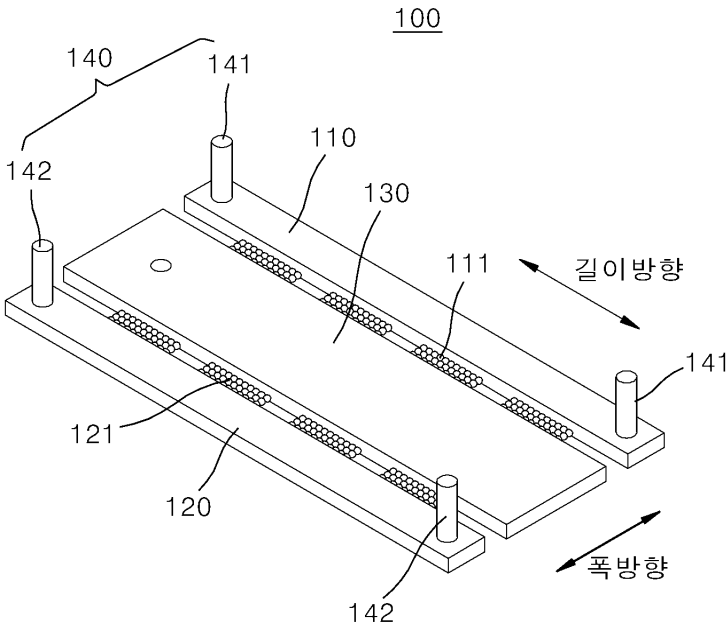
부호의 설명

[0046] 100, 200: 나노 입자 분리 장치.
110, 210: 제1사이드 채널
111, 211: 제1연결 나노채널
120, 220: 제2사이드 채널
121, 221: 제2연결 나노채널
130, 230: 메인채널
140, 240: 전원장치
141, 241: 제1전극단자
142, 242: 제2전극단자
231: 나노 입자 유입구
231 ‘: 유입채널
232: 나노 입자 배출구
232 ‘: 배출채널
300: 자가조립 분리막 제조장치
310: 제1사이드 채널
320: 제2사이드 채널
321: 제2마이크로 챔버

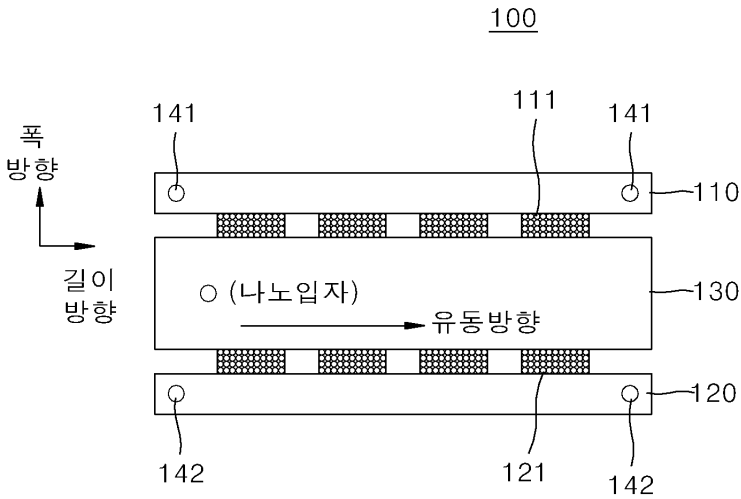
330: 제1마이크로 챔버

도면

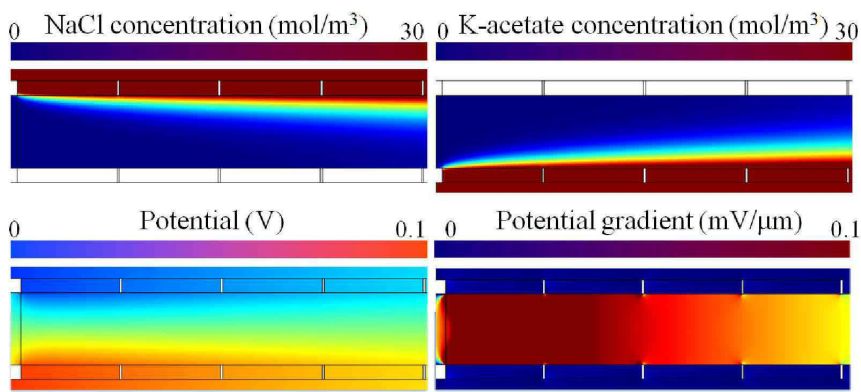
도면1



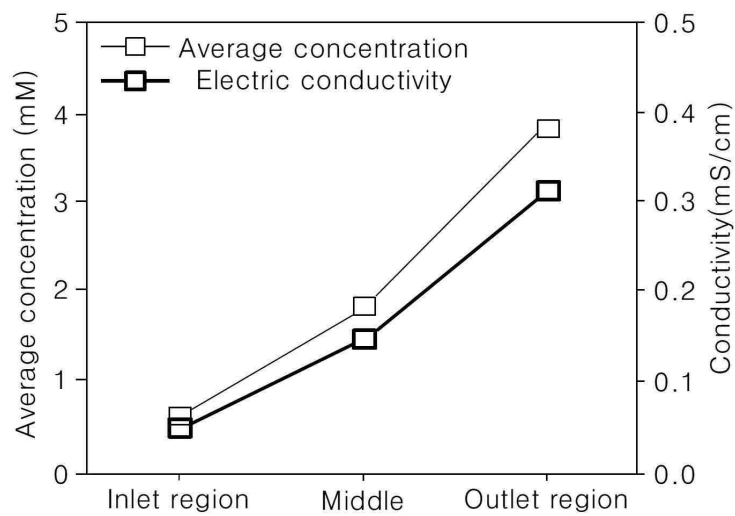
도면2



도면3

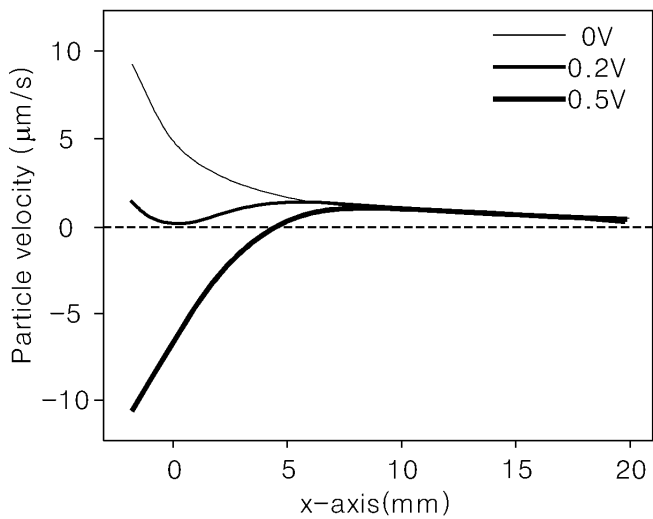


(a)

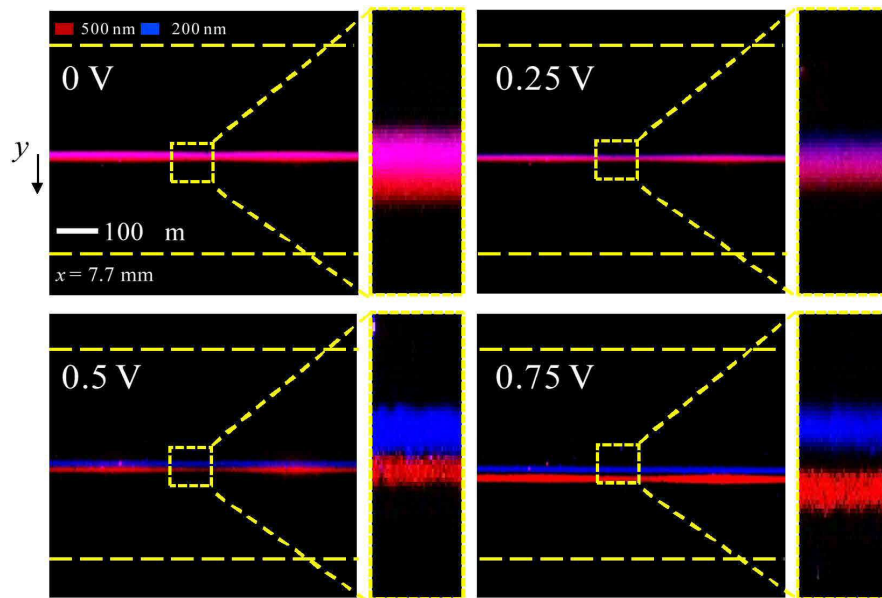


(b)

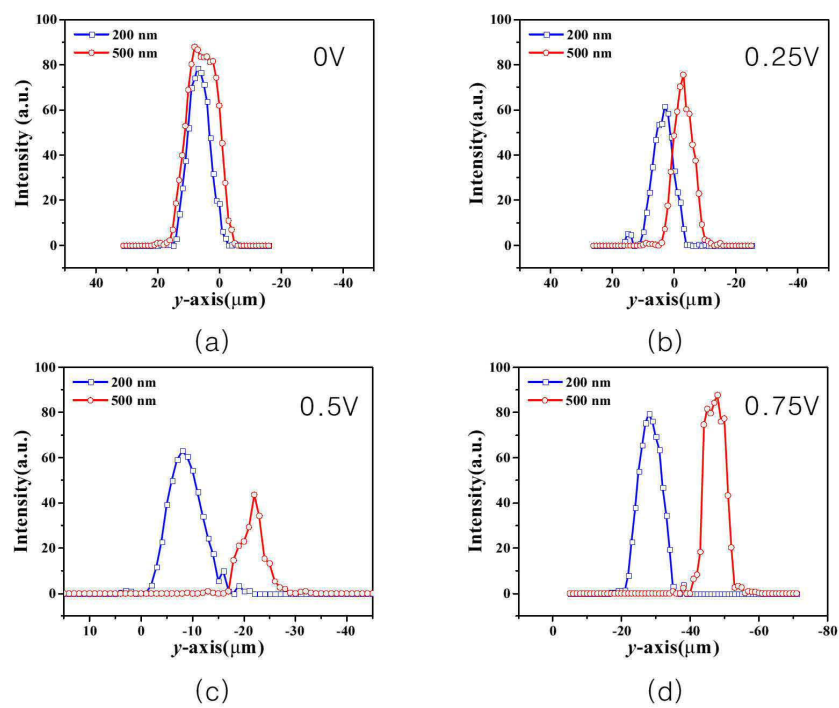
도면4



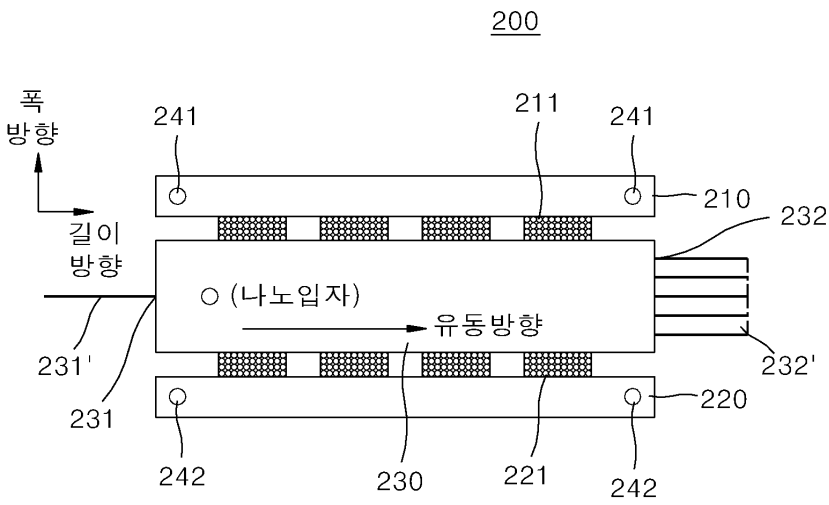
도면5



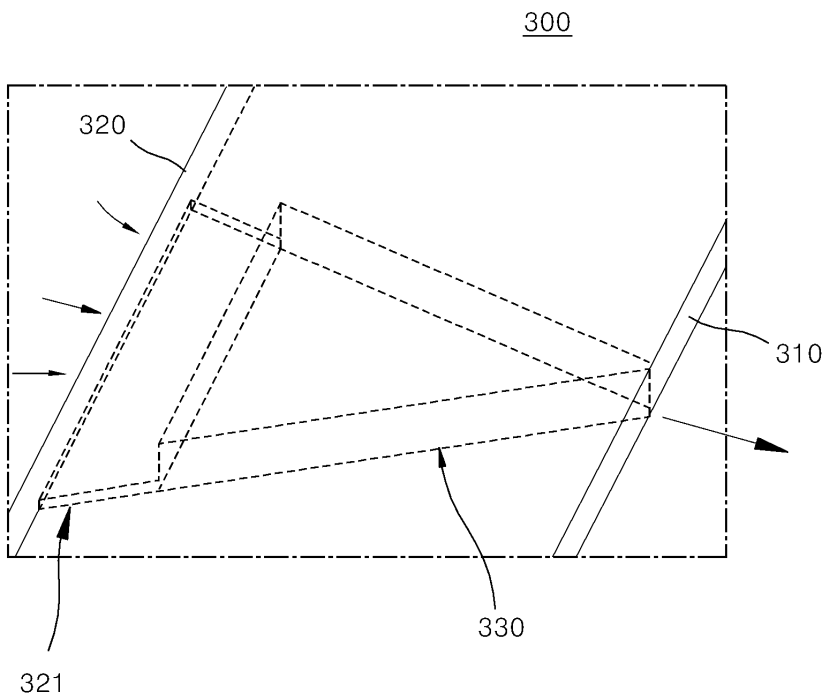
도면6



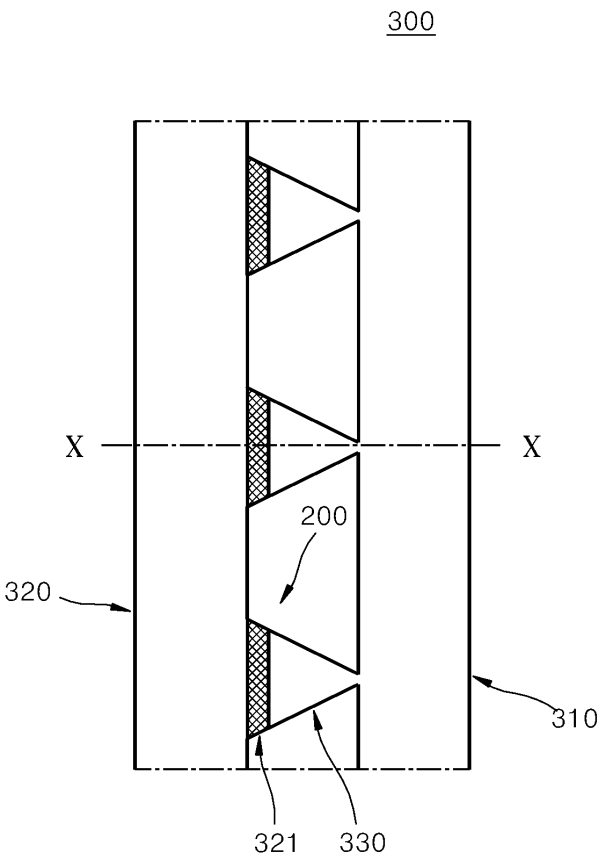
도면7



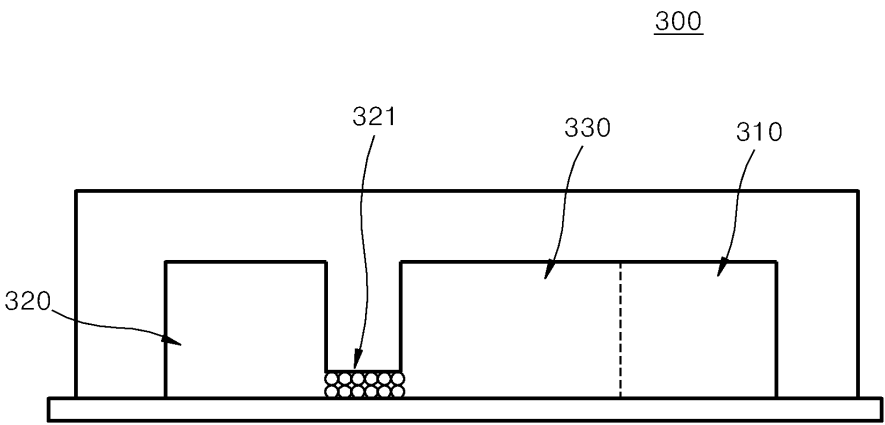
도면8



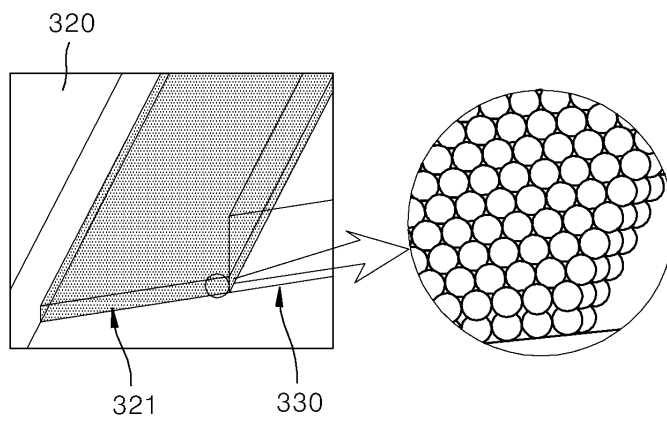
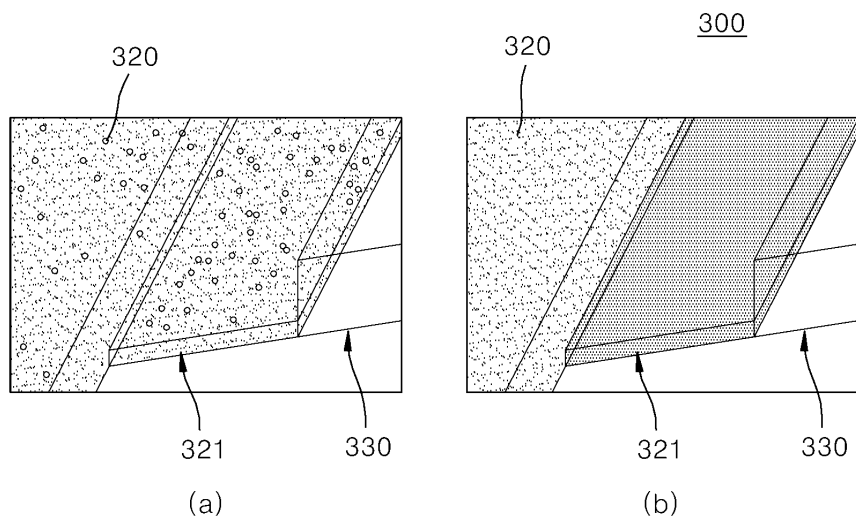
도면9



도면10



도면11



도면12

