(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0150602
(43) 공개일자 2023년10월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01L 3/00 (2023.01)
(52) CPC특허분류
B01L 3/502707 (2013.01)
B01L 2200/0647 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0050181
(22) 출원일자 2022년04월22일
심사청구일자 2022년04월22일

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

전체 청구항 수 : 총 17 항

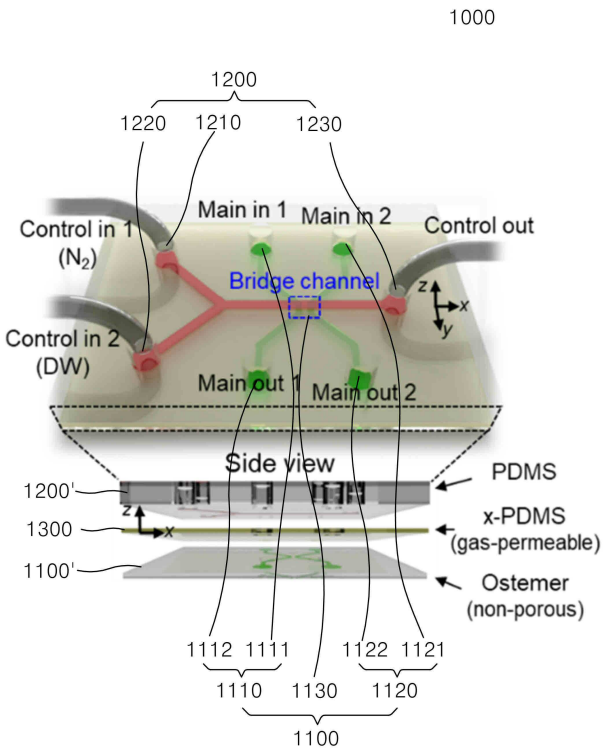
(54) 발명의 명칭 **멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법 및 그 미세유체 채널 내부에 멤브레인을 형성하는 장치**

(57) 요 약

제1미세유체 채널, 상기 제1미세유체 채널과 이격되어 배치되는 제2미세유체 채널, 상기 제1미세유체 채널과 상기 제2미세유체 채널을 연통시키는 미세 채널 구조를 가지는 브릿지 채널, 상기 브릿지 채널과는 기체 투과성 부재에 의하여 구획되어 있으며 기체가 유동하는 제어 채널을 포함하는 멤브레인 형성장치를 준비하는 단계, 상기

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



제1미세유체 채널에 제1미세입자들을 함께 이동시키는 액상의 제1유체를 유동시키며, 상기 제어 채널에 기체 상태의 제어 기체를 유동시키는 유체 유동 단계 및 상기 제어 기체의 유동에 의하여 상기 기체 투과성 부재를 통하여 상기 브릿지 채널 내의 상기 제1유체가 상기 제어 채널로 투과 증발되어, 상기 제1유체에 의하여 함께 이동된 상기 제1미세입자들이 상기 브릿지 채널 내에 정체되면서 나노 공극을 가지는 멤브레인을 형성하는 단계를 포함하는, 미세유체 채널 제작방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

따라서 투과증발유동(pervaporation-induced flow)을 이용하여 브릿지 채널 중심부에 입자를 조립함으로써 간편하게 나노공극을 갖는 멤브레인을 형성할 수 있는 장점이 있다.

(52) CPC특허분류
B01L 2200/0678 (2013.01)
B01L 2300/0896 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711134026
과제번호 2020R1A4A2002728
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 집단연구지원(R&D)
연구과제명 급속·정밀 냉각 기반 신경 신호전달 모델링 및 제어 기초연구실
기 여 율 1/2
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711128400
과제번호 2020R1A2C3003344
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명 Soft/Hard 나노풀루이딕스 플랫폼 기반의 다중물리 전달현상 제어 및 모델링
기 여 율 1/2
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

제1미세유체 채널, 상기 제1미세유체 채널과 이격되어 배치되는 제2미세유체 채널, 상기 제1미세유체 채널과 상기 제2미세유체 채널을 연통시키는 미세 채널 구조를 가지는 브릿지 채널, 상기 브릿지 채널과는 기체 투과성 부재에 의하여 구획되어 있으며 기체가 유동하는 제어 채널을 포함하는 멤브레인 형성장치를 준비하는 단계;

상기 제1미세유체 채널에 제1미세입자들을 함께 이동시키는 액상의 제1유체를 유동시키며, 상기 제어 채널에 기체 상태의 제어 기체를 유동시키는 유체 유동 단계; 및

상기 제어 기체의 유동에 의하여 상기 기체 투과성 부재를 통하여 상기 브릿지 채널 내의 상기 제1유체가 상기 제어 채널로 투과 증발되어, 상기 제1유체에 의하여 함께 이동된 상기 제1미세입자들이 상기 브릿지 채널 내에 정체되면서 나노 공극을 가지는 멤브레인을 형성하는 단계를 포함하는,

멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 유체 유동 단계에서,

상기 제2미세유체 채널에 제2미세입자들을 함께 이동시키는 액상의 제2유체를 유동시키는,

멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 유체 유동 단계에서,

상기 제1미세입자들 및 상기 제2미세입자들이 상기 브릿지 채널의 중간 지점에서 상기 제1미세유체 채널 방향과 상기 제2미세유체 채널 방향으로 각각 채워지도록, 상기 제1미세입자들 및 상기 제2미세입자들은 동일한 미세입자들인,

멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 멤브레인을 형성하는 단계에서는,

상기 제1유체가 상기 제어 채널로 투과 증발되더라도 상기 제어 채널 내부를 건조하게 유지시키기 위해서, 질소 기체를 상기 제어 채널 내부에 주입하여 유동시키는,

멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 멤브레인 형성장치를 준비하는 단계에서,

상기 제1미세유체 채널은,

상기 제1유체가 상기 기체 투과성 부재를 통하여 상기 제어 채널로 투과 증발될 수 있는 구조로 형성하는,

멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 멤브레인 형성장치를 준비하는 단계에서,

상기 브릿지 채널은 상기 제1유체가 투과 증발할 수 있도록 상부가 개구된 구조로 형성되는,

멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 유체 유동 단계에서,

상기 제1미세입자는 나노 크기의 입자인,

멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 유체 유동 단계에서,

상기 제1미세입자는 50nm 내지 200nm 크기인,

멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 멤브레인 형성장치를 준비하는 단계에서,

상기 제1미세유체 채널, 상기 제2미세유체 채널 및 상기 브릿지 채널은 동일한 평면 상에 배치되고, 상기 기체 투과성 부재는 상기 제1미세유체 채널, 상기 제2미세유체 채널 및 상기 브릿지 채널 상에 배치되며, 상기 제어 채널은 상기 기체 투과성 부재 상에 배치되는,

멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 멤브레인 형성장치를 준비하는 단계에서,

상기 제1미세유체 채널, 상기 제2미세유체 채널, 상기 브릿지 채널, 상기 기체 투과성 부재 및 상기 제어 채널이 내부에 일체로 형성되어 있는 하우징을 더 포함하는,

멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법.

청구항 11

청구항 2에 있어서,

상기 유체 유동 단계에서,

상기 제1미세입자들 및 상기 제2미세입자들이 상기 브릿지 채널의 중간 지점이 아닌 지점에서 상기 제1미세유체 채널 방향과 상기 제2미세유체 채널 방향으로 각각 채워지도록, 상기 제1미세입자들 및 상기 제2미세입자들은 상이한 미세 입자를 사용하는,

멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 유체 유동 단계에서,

상기 제1미세입자들 및 상기 제2미세입자들은,

크기가 다르거나, 표면 작용기가 다르거나, 표면 젖음성이 다른,

멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법.

청구항 13

청구항 2에 있어서,

상기 유체 유동 단계에서는,

상기 브릿지 채널에 서로 다른 세 가지 종류의 미세 입자를 채우기 위해서, 상기 제1미세입자들 및 상기 제1미세입자들과 상이한 상기 제2미세입자들을 채운 후에, 상기 제1미세유체 채널 및 상기 제2미세유체 채널 중 적어도 하나에는 상기 제1미세입자들 및 상기 제2미세입자들과 상이한 제3미세입자들을 함께 이동시키는 액상의 제3유체를 유동시키는,

멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법.

청구항 14

청구항 1에 있어서,

상기 멤브레인 형성장치를 준비하는 단계에서,

상기 제1미세유체 채널 및 상기 제2미세유체 채널이 연장되어 있는 방향을 따라 이격되도록 상기 브릿지 채널을 복수 개 형성하고,

상기 유체 유동 단계에서,

상기 제1미세유체 채널 및 상기 제2미세유체 채널에 상기 제1미세입자들 함께 이동시키는 제1유체, 제2미세입자들을 함께 이동시키는 제2유체 및 제3미세입자들을 함께 이동시키는 제3유체를 순차적으로 유동시키고,

멤브레인을 형성하는 단계에서,

상기 제1유체가 유동할 때는 상기 복수 개의 브릿지 채널 중에서 제1브릿지 채널에 상기 제어 기체를 주입하고,
상기 제2유체가 유동할 때는 상기 복수 개의 브릿지 채널 중에서 제2브릿지 채널에 상기 제어 기체를 주입하며,
상기 제3유체가 유동할 때는 상기 복수 개의 브릿지 채널 중에서 제3브릿지 채널에 상기 제어 기체를 주입하여,
상기 복수 개의 브릿지 채널마다 서로 다른 멤브레인을 형성하는,

멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법.

청구항 15

청구항 1에 있어서,

상기 멤브레인을 형성하는 단계 이후에,

상기 제1유체의 유동을 제한하기 위해서 상기 제어 채널에 제어 액체를 유동시키는,

멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법.

청구항 16

청구항 1에 있어서,

상기 멤브레인 형성장치를 준비하는 단계에서,

상기 기체 투과성 부재는,

플레이트 형상을 갖는 필름인,

멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법.

청구항 17

제1미세유체 채널;

상기 제1미세유체 채널과 이격되어 배치되는 제2미세유체 채널;

상기 제1미세유체 채널과 상기 제2미세유체 채널을 연통시키는 미세 채널 구조를 가지는 브릿지 채널; 및

상기 브릿지 채널과는 기체 투과성 부재에 의하여 구획되어 있으며 기체 상태의 제어 기체가 유동하는 제어 채널을 포함하고,

상기 제어 기체의 유동에 의하여 상기 기체 투과성 부재를 통하여 상기 브릿지 채널 내의 제1유체가 상기 제어 채널로 투과 증발되어, 상기 제1유체에 의하여 함께 이동된 제1미세입자들이 상기 브릿지 채널 내에 정체되면서 나노 공극을 가지는 멤브레인을 형성하는,

미세유체 채널 내부에 멤브레인을 형성하는 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법 및 그 미세유체 채널 내부에 멤브레인을 형성하는 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 투과증발유동(pervaporation-induced flow)을 이용하여 미세유체 채널 내부에 입자를 조립함으로써 나노공극을 갖는 멤브레인을 형성하는 멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법 및 그 미세유체 채널 내부에 멤브레인을 형성하는 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 폴리머 멤브레인은 다공성 멤브레인으로서, 특정 성분이나 분자를 선택적으로 반대편으로 전달하기 위해 사용될 수 있다. 일 예로 폴리머 멤브레인은 솔루션 또는 기체 등을 분리하고 특정 성분이나 분자를 전달하기 위한 용도록 생체 적용 분야에서 사용될 수 있다.

[0003] 그런데 종래의 폴리머 멤브레인 제작방법은 다양한 요구에 부응할 수 있는 멤브레인을 제작하기에는 그 방법이 복잡한 문제가 있다. 구체적으로 종래의 폴리머 제작방법은 멤브레인의 공극률을 조절하기 어렵고, 직렬적으로 배치되는 이종성 멤브레인을 제작하는데 한계가 있으며, 병렬적으로 복수 개의 멤브레인을 제작하기에도 복잡한 과정이 필요한 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 대한민국등록특허 제10-1325676호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 투과증발유동(pervaporation-induced flow)을 이용하여 미세유체 채널 내부에 입자를 조립함으로써 나노공극을 갖는 멤브레인을 형성하는 멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법 및 그 미세유체 채널 내부에 멤브레인을 형성하는 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 제1미세유체 채널, 상기 제1미세유체 채널과 이격되어 배치되는 제2미세유체 채널, 상기 제1미세유체 채널과 상기 제2미세유체 채널을 연통시키는 미세 채널 구조를 가지는 브릿지

채널, 상기 브릿지 채널과는 기체 투과성 부재에 의하여 구획되어 있으며 기체가 유동하는 제어 채널을 포함하는 멤브레인 형성장치를 준비하는 단계, 상기 제1미세유체 채널에 제1미세입자들을 함께 이동시키는 액상의 제1유체를 유동시키며, 상기 제어 채널에 기체 상태의 제어 기체를 유동시키는 유체 유동 단계 및 상기 제어 기체의 유동에 의하여 상기 기체 투과성 부재를 통하여 상기 브릿지 채널 내의 상기 제1유체가 상기 제어 채널로 투과 증발되어, 상기 제1유체에 의하여 함께 이동된 상기 제1미세입자들이 상기 브릿지 채널 내에 정체되면서 나노 공극을 가지는 멤브레인을 형성하는 단계를 포함하는, 미세유체 채널 제작방법을 제공한다.

[0007] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 본 발명은 제1미세유체 채널, 상기 제1미세유체 채널과 이격되어 배치되는 제2미세유체 채널, 상기 제1미세유체 채널과 상기 제2미세유체 채널을 연통시키는 미세 채널 구조를 가지는 브릿지 채널 및 상기 브릿지 채널과는 기체 투과성 부재에 의하여 구획되어 있으며 기체 상태의 제어 기체가 유동하는 제어 채널을 포함하고, 상기 제어 기체의 유동에 의하여 상기 기체 투과성 부재를 통하여 상기 브릿지 채널 내의 제1유체가 상기 제어 채널로 투과 증발되어, 상기 제1유체에 의하여 함께 이동된 제1미세입자들이 상기 브릿지 채널 내에 정체되면서 나노 공극을 가지는 멤브레인을 형성하는, 미세유체 채널 내부에 멤브레인을 형성하는 장치를 제공한다.

발명의 효과

[0008] 본 발명에 따른 미세유체 채널 제작방법 및 그 미세유체 채널 내부에 멤브레인을 형성하는 장치는 다음과 같은 효과가 있다.

[0009] 첫째, 투과증발유동(pervaporation-induced flow)을 이용하여 브릿지 채널 중심부에 입자를 조립함으로써 간편하게 나노공극을 갖는 멤브레인을 형성할 수 있는 장점이 있다.

[0010] 둘째, 유체에 의해 함께 이동되는 미세입자들의 크기를 조절하여 간편하게 공극의 크기 조절이 가능한 장점이 있다.

[0011] 셋째, 주입되는 미세입자들의 종류를 다양하게 함으로써 이종성 멤브레인 직렬 어레이를 간편하게 제작 가능한 장점이 있다.

[0012] 넷째, 주입되는 미세입자들의 종류를 다르게 하여 입자 선택에 따라 멤브레인의 물질적 특성을 간편하게 조절 가능한 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 미세유체 채널 내부에 멤브레인을 형성하는 장치가 도시된 모식도이다.

도 2는 도 1에 따른 미세유체 채널 내부에 멤브레인을 형성하는 장치 중에서 브릿지 채널과 제어 채널을 확대하여 나타낸 모식도와 사진이다.

도 3은 도 1에 따른 미세유체 채널 내부에 멤브레인을 형성하는 장치에서 투과증발유동이 발생하고, 나노 공극을 갖는 멤브레인이 형성되는 원리를 설명하는 모식도이다.

도 4는 도 1에 따른 미세유체 채널 내부에 멤브레인을 형성하는 장치에 의해 투과증발유동이 발생하는 것을 확인하는 실험 모습을 나타내는 실험자료이다.

도 5는 도 1에 따른 미세유체 채널 내부에 멤브레인을 형성하는 장치에 의해 형성되는 멤브레인의 공극의 크기 조절이 가능한 점 및 이온 선택성 물질 전달을 이용하여 멤브레인의 활용성을 확인하는 실험 자료이다.

도 6은 도 1에 따른 미세유체 채널 내부에 멤브레인을 형성하는 장치를 이용하여 형성되는 멤브레인 어레이에서 멤브레인 간의 성질 차이를 시각화 하기 위한 실험 자료이다.

도 7은 도 1에 따른 미세유체 채널 내부에 멤브레인을 형성하는 장치를 변형하여 다양한 형태의 멤브레인을 제작하는 모습을 나타내는 실험 자료이다.

도 8은 도 1에 따른 미세유체 채널 내부에 멤브레인을 형성하는 장치를 이용하여 멤브레인이 형성된 미세유체 채널을 제작하는 방법을 나타내는 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0015] 도 1 내지 8을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 다른 멤브레인이 형성된 미세유체 채널 제작방법(S100)은 멤브레인 형성장치를 준비하는 단계(S110), 유체 유동 단계(S120) 및 멤브레인을 형성하는 단계(S130)를 포함한다. 상기 멤브레인 형성장치를 준비하는 단계(S110)에서는 메인 채널(1100), 제어 채널(1200) 및 기체 투과성 부재(1300)를 준비한다. 상기 멤브레인 형성장치(S100)를 준비하는 단계에서 상기 제1미세유체 채널(1110), 상기 제2미세유체 채널(1120) 및 상기 브릿지 채널(1130)은 통기성이 없는 오스티머(Ostemer) 수지로 형성되는 하우징의 내부에 일체화된 조립체(1100`)로 형성된다. 상기 오스티머 수지로 형성되는 하우징 조립체(1100`)는 상기 제1미세유체 채널(1110), 상기 제2미세유체 채널(1120) 및 상기 브릿지 채널(1130) 각각의 상부가 상기 기체 투과성 부재(1300)와 결합하기 전에는 개구되어 있는 구조로 형성된다. 그리고 상기 제어 채널(1200)은 폴리디메틸실록산(PDMS, polydimethylsiloxane) 소재로 형성되는 하우징의 내부에 조립체(1200`)로 형성된다. 이 때 상기 제어 채널(1200) 중에서 적어도 상기 브릿지 채널(1130)에 대응되는 부분은 기체가 투과할 수 있는 구조로 형성된다. 그리고 상기 메인 채널(1100)을 포함하는 조립체(1100`), 상기 기체 투과성 부재(1300) 및 상기 제어 채널(1200)을 포함하는 제어 채널 조립체(1200)는 상하 방향으로 배치되되, 서로 평형하게 배치된다. 이와 관련하여 도 1 내지 7을 참조해서 상기 멤브레인 형성장치에 대해 먼저 설명한다.

[0016] 미세유체 채널 내부에 멤브레인을 형성하는 장치(1000)는 메인 채널(1100), 제어 채널(1200) 및 기체 투과성 부재(1300)를 포함한다. 상기 메인 채널(1100)은 제1미세유체 채널(1110), 제2미세유체 채널(1120) 및 브릿지 채널(1130)을 포함한다. 상기 제1미세유체 채널(1110)은 내부에 제1유체가 유동하는 통로이다. 본 실시예에서 상기 제1미세유체 채널(1110)은 마이크로 사이즈로 형성되는 것을 예로 든다. 상기 제1미세유체 채널(1110)은 제1미세유체 채널 주입구(1111) 및 제1미세유체 채널 배출구(1112)를 포함한다. 상기 제1미세유체 채널(1110)은 상기 메인 채널(1100)이 포함되는 평면을 기준으로 y축 방향(예를 들어 상기 메인 채널(1100)이 포함되는 직사각 평면의 좌측 또는 우측 모서리와 평행하게 연장되는 방향)으로 연장된다. 즉 상기 제1미세유체 채널 주입구(1111)는 상기 y축의 위쪽에 형성되고 상기 제1미세유체 채널 배출구(1112)는 상기 y축의 아래쪽에 형성되는 것을 예로들지만 상기 제1미세유체 채널 주입구(1111) 및 상기 제1미세유체 채널 배출구(1112)의 위치는 서로 바뀔 수 있다. 상기 제1유체는 상기 제1미세유체 채널 주입구(1111)로 주입되고 상기 제1미세유체 채널 배출구(1112)로 배출된다. 본 실시예에서 상기 제1미세유체 채널(1110)은 상기 제1유체가 상기 기체 투과성 부재(1300)를 통하여 상기 제어 채널(1200)로 투과 증발 될 수 있도록 상부가 개구된 구조를 갖는다.

[0017] 상기 제2미세유체 채널(1120)은 내부에 제2유체가 유동하는 통로이다. 상기 제2미세유체 채널(1120)은 상기 제1미세유체 채널(1110)과 마주보도록 동일 평면상에 이격되어 배치된다. 본 실시예에서 상기 제2미세유체 채널(1120)도 마이크로 사이즈로 형성되는 것을 예로 든다. 상기 제2미세유체 채널(1120)은 제2미세유체 채널 주입구(1121) 및 제2미세유체 채널 배출구(1122)를 포함한다. 상기 제2미세유체 채널 주입구(1121)는 상기 제1미세유체 채널 주입구(1111)와 마주보도록 형성되고, 상기 제2미세유체 채널 배출구(1122)는 상기 제1미세유체 채널 배출구(1112)와 마주보도록 형성된다. 본 실시예에서 상기 제2미세유체 채널(1120)은 상기 제2유체가 상기 기체 투과성 부재(1300)를 통하여 상기 제어 채널(1200)로 투과 증발 될 수 있도록 상부가 개구된 구조를 갖는다.

[0018] 상기 브릿지 채널(1130)은 상기 제1미세유체 채널(1110)과 상기 제2미세유체 채널(1120)을 연통시키는 미세 채널 구조를 갖는다. 도 1 내지 3을 참조하면 상기 브릿지 채널(1130)은 상기 제1미세유체 채널(1110) 및 상기 제2미세유체 채널(1120)과 동일한 평면 상에 배치된다. 상기 브릿지 채널(1130)은 상기 제1미세유체 채널(1110) 및 상기 제2미세유체 채널(1120)이 연장되는 방향과 교차하는 x축 방향으로 배치된다. 본 실시예에서 상기 브릿지 채널은 마이크로 사이즈 또는 나노 사이즈로 형성되는 것을 예로 든다. 그리고 상기 브릿지 채널(1130)은 상기 제1유체 및 상기 제2유체가 상기 기체 투과성 부재(1300)를 통하여 상기 제어 채널(1200)로 투과 증발 될 수 있도록 상부가 개구된 구조를 갖는다. 본 실시예에서 상기 제1미세유체 채널(1110) 및 상기 제2미세유체 채널(1120)은 상기 브릿지 채널(1130)을 중심으로 대칭 구조로 형성된다.

[0019] 상기 제어 채널(1200)은 상기 메인 채널(1100) 상부에 배치된다. 이 때 상기 기체 투과성 부재(1300)가 상기 메인 채널(1100)과 상기 제어 채널(1200) 사이에 배치된다. 즉, 상기 미세유체 채널 내부에 멤브레인을 형성하는 장치(1000)는 상기 메인 채널(1100), 상기 기체 투과성 부재(1300) 및 상기 제어 채널(1200)이 아래쪽에서 위쪽으로 순차적으로 적층되는 구조를 갖는다. 상기 제어 채널(1200)은 내부에 기체 상태의 제어 기체가 유동할 수 있는 통로이다. 상기 제어 채널(1200)은 내부에 상기 제어 기체를 유동시켜서 상기 제어 채널(1200) 내부를 건조하게 만든다. 이는 상기 기체 투과성 부재(1300)를 통하여 상기 제1유체 및 제2유체가 상기 제어 채널(1200)로 투과 증발될 때, 상기 투과 증발되어 온 제1유체 및 제2유체를 제거함으로써 상기 브릿지 채널(1130)로부터 추가적인 투과 증발이 더 잘 발생하도록 하기 위함이다. 구체적으로 상기 제어 채널(1200)에 상기 제어 기체를 주입하여 상기 제어 채널(1200) 내부를 건조하게 만들면 상기 메인 채널(1100)에서 투과 증발이 발생하고 상기

브릿지 채널(1130) 중심으로 향하는 투과증발유동(PIF, pervaporation-induced flow)이 생성(촉진)된다. 상기 투과증발유동은 상기 제어 채널(1200)에 상기 제어 기체가 아닌 제어 액체를 주입함으로써 제한할 수 있다. 즉, 상기 제어 채널(1200)에 액체를 주입함으로써 상기 투과증발유동을 멈추게 할 수 있다.

[0020] 본 실시예에서 상기 제어 채널(1200)은 제어 채널 제1주입구(1210), 제어 채널 제2주입구(1220) 및 제어 채널 배출구(1230)를 포함한다. 상기 제어 채널 제1주입구(1210) 또는 상기 제어 채널 제2주입구(1220)를 통해서 주입된 물질은 상기 제어 채널 배출구(1230)를 통해서 배출된다. 구체적으로 상기 제어 채널 제1주입구(1210) 및 상기 제어 채널 제2주입구(1220)는 상기 y축 방향으로 이격되어 배치되어 있다. 그리고 상기 제어 채널 제1주입구(1210)는 상기 y축의 아래쪽 방향으로 비스듬하게 연장되고, 상기 제어 채널 제2주입구(1220)는 상기 y축의 위쪽 방향으로 비스듬하게 연장되어 서로 연통되도록 만난다. 그리고 제어 채널(1200)은 상기 제어 채널 제1주입구(1210) 및 상기 제어 채널 제2주입구(1220)가 연통되어 만난 부분부터 x축 방향으로 상기 브릿지 채널(1130)과 평행하게 연장된다. 그리고 상기 제어 채널 배출구(1230)가 상기 브릿지 채널(1130)을 중심으로 상기 제어 채널 제1주입구(1210) 및 상기 제어 채널 제2주입구(1220)의 반대쪽에 형성된다. 상기 제어 채널 제1주입구(1210)는 제어 기체를 주입하기 위하여 형성된다. 상기 제어 채널 제2주입구(1220)는 제어 액체를 주입하기 위하여 형성된다. 그리고 상기 제어 채널 배출구(1230)는 상기 제어 채널 제1주입구(1210)에 주입되는 제어 기체 또는 상기 제어 채널 제2주입구(1220)에 주입되는 제어 액체를 배출시키기 위하여 형성된다. 그리고 상기 제어 채널(1200)은 상기 제1미세유체 채널(1110) 및 상기 제2미세유체 채널(1120)과는 교차하는 방향으로 배치되고, 상기 브릿지 채널(1130)과는 평행한 방향으로 배치된다. 그리고 상기 제어 채널(1200)은 상기 브릿지 채널(1130)의 위쪽에 마주보도록 배치되어 연장된다.

[0021] 상기 기체 투과성 부재(1300)는 상기 메인 채널(1100)과 상기 제어 채널(1200) 사이에 배치된다. 상기 기체 투과성 부재(1300)는 상기 메인 채널(1100)과 상기 제어 채널(1200)을 구획하여 나누는 역할을 한다. 또한 상기 기체 투과성 부재(1300)는 상기 제1미세유체 채널(1110), 상기 제2미세유체 채널(1120) 및 상기 브릿지 채널(1130)의 개구된 상부를 덮어서 막는 역할을 한다. 이 때 상기 기체 투과성 부재(1300)는 액체는 투과시키지 않고 기체는 투과시키는 구조로 형성된다. 따라서 상기 메인 채널(1100)을 유동하는 상기 제1유체 및 상기 제2유체는 상기 기체 투과성 부재(1300)를 통하여 상기 제어 채널(1200)로 투과 증발될 수 있다. 본 실시예에서 상기 기체 투과성 부재(1300)는 플레이트 형상을 갖는 필름인 것을 예로 든다. 구체적으로 상기 기체 투과성 부재(1300)는 x-폴리디메틸실록산(x-polydimethylsiloxane) 소재로 형성된다.

[0022] 상기 멤브레인 형성장치(S100)를 준비하는 단계에서 상기 제1미세유체 채널(1110), 상기 제2미세유체 채널(1120) 및 상기 브릿지 채널(1130)은 오스티머(Ostemer) 수지로 형성되는 하우징의 내부에 일체화된 조립체(1100`)로 형성된다. 물론 상기 조립체(1100`)를 구성하는 수지의 종류는 변경이 가능하다.

[0023] 상기 유체 유동 단계(S120)에서는 상기 제1미세유체 채널(1110)에 제1미세입자들을 함께 이동시키는 액상의 제1유체를 유동시킨다. 본 실시예에서 상기 제1미세입자는 50nm 내지 200nm의 나노 크기를 갖는 입자인 것을 예로 든다. 그리고 상기 제1미세입자는 구형인 것을 예로 든다. 그리고 상기 제2미세유체 채널(1110)에 제2미세입자들을 함께 이동시키는 액상의 제2유체를 유동시킨다. 본 실시예에서 상기 제2미세입자는 50nm 내지 200nm의 나노 크기를 갖는 입자인 것을 예로 든다. 그리고 상기 제1미세입자는 구형인 것을 예로 든다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 상기 제1미세입자들만 상기 제1유체와 함께 유동시키거나, 상기 제2미세입자들만 상기 제2유체와 함께 유동시킬 수도 있다.

[0024] 그리고 본 실시예에서는 상기 제1미세입자들 및 상기 제2미세입자들이 상기 브릿지 채널(1130)의 중간 지점에서 상기 제1미세유체 채널(1110) 방향과 상기 제2미세유체 채널(1120) 방향으로 각각 채워지는 동종성 멤브레인이 형성되도록, 상기 제1미세입자들 및 상기 제2미세입자들은 동일한 입자들을 사용한다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고, 상기 브릿지 채널(1130)에 서로 다른 성질을 갖는 미세입자들이 이종성 멤브레인을 형성하도록 상기 제1미세입자들 및 상기 제2미세입자들을 상이한 것으로 사용할 수 있다.

[0025] 이 때 상기 제1미세입자들 및 상기 제2미세입자들은 크기가 다르거나, 표면 작용기가 다르거나, 표면 젖음성(소수성 또는 친수성)이 다른 입자들일 수 있다. 예를 들어 상기 제1미세입자들은 작용기로 카르복실기를 갖고, 상기 제2미세입자들은 아미노기를 가질 수 있다. 그리고 상기 제1미세입자들은 소수성을 갖는 폴리스티렌 입자이고, 상기 제2미세입자들은 친수성을 갖는 실리카 입자일 수 있다. 도 5를 참조하면 미세입자의 크기를 조절하여 형성되는 멤브레인(1140)의 나노 공극의 크기를 조절 가능한 것을 알 수 있다. 또한 상기 멤브레인(1140)의 나노 공극의 크기가 작을수록, 상기 메인 채널(1100)에 주입되는 유체의 이온 농도가 낮을수록 이온 선택성이 더 잘 나타나는 것을 알 수 있다. 그리고 도 6을 참조하면 상기 제1미세입자들 및 상기 제2미세입자들의 크기가 다

른 경우, 표면 작용기가 다른 경우, 표면 젖음성이 다른 경우 이종성 멤브레인(1140)이 형성되는 것을 확인할 수 있다.

[0026] 본 실시예에서는 상기 브릿지 채널(1130)에 한 가지 종류 또는 두 가지 종류의 미세 입자들로 이루어진 멤브레인을 형성하는 것에 대해 설명하지만, 상기 브릿지 채널(1130)에 세 가지 종류 이상의 미세 입자들을 직렬로 채울 수도 있다. 세 가지 종류의 미세 입자를 채우는 것을 예로 들면, 상기 제1미세입자들 및 상기 제1미세입자들과 상이한 제2미세입자들을 상기 브릿지 채널(1130)에 채운 후에, 상기 제1미세유체 채널(1110) 및 상기 제2미세유체 채널(1120) 중 적어도 하나에 상기 제1미세입자들 및 상기 제2미세입자들과 상이한 제3미세입자들을 함께 이동시키는 액상의 제3유체를 유동시킨다. 물론 상기 제1미세입자들을 함께 이동시키는 제1유체를 상기 제1미세유체 채널(1110) 및 상기 제2미세유체 채널(1120)에 각각 유동시켜서 상기 제1미세입자들로 형성되는 멤브레인을 형성한 후에, 상기 제1미세유체 채널(1110)에는 상기 제2미세입자들을 함께 이동시키는 제2유체를 유동시키고, 상기 제2미세유체 채널(1120)에는 상기 제3미세입자들을 함께 이동시키는 제3유체를 유동시킴으로써 상기 브릿지 채널(1130)의 중심부에는 동종성의 멤브레인이 형성되고, 가장자리에는 이종성의 멤브레인이 형성되게 할 수도 있다.

[0027] 그리고 상기 유체 유동 단계(S120)에서는 상기 제어 채널(1200)에 기체 상태의 제어 기체를 유동시킨다. 본 실시예에서 상기 제어 기체는 질소(N_2)인 것을 예로 들지만 상기 제어 기체의 종류는 얼마든지 변경이 가능하다. 상기 제어 기체는 상기 제어 채널 제1주입구(1210)를 통해 주입한다.

[0028] 상기 멤브레인을 형성하는 단계(S130)에서는 상기 질소 기체의 유동에 의하여 상기 기체 투과성 부재(1300)를 통해서 상기 브릿지 채널(1130) 내의 제1유체 및 제2유체가 상기 제어 채널(1200)로 투과 증발된다. 그리고 상기 제1유체에 의하여 함께 이동된 상기 제1미세입자들 및 상기 제2유체에 의하여 함께 이동된 상기 제2미세입자들이 상기 브릿지 채널(1130) 내에 정체되면서 나노 공극을 갖는 멤브레인이 형성된다. 상기 질소 기체는 상기 제1유체 및 상기 제2유체가 상기 제어 채널(1200)로 투과 증발되더라도 상기 제어 채널(1200) 내부를 건조하게 유지시키기 위해서 상기 제어 채널(1200) 내부로 주입된다.

[0029] 상기 멤브레인을 형성하는 단계(S130) 이후에 상기 제1유체 및 상기 제2유체의 투과 증발을 제한하기 위해서 상기 상기 제어 채널(1200)에 제어 액체를 주입한다. 이는 상기 제어 액체를 상기 제어 채널 제2주입구(1220)에 주입함으로써 상기 제어 액체가 상기 제어 채널(1200) 내부를 유동하게 되어 상기 제어 채널(1200) 내부가 습한 상태가 되기 때문에 상기 제1미세유체 채널(1110) 및 상기 제2미세유체 채널(1120)로부터 투과 증발이 제한 되도록 하는 것이다. 본 실시예에서 상기 제어 액체는 디아이 워터(DW, DI-water)인 것을 예로 들지만, 상기 제어 액체의 종류는 변경이 가능하다.

[0030] 그리고 본 실시예에서는 상기 제1미세유체 채널(1110) 및 상기 제2미세유체 채널(1120)을 연통시키는 브릿지 채널(1130)이 하나인 것을 예로 들지만, 상기 브릿지 채널(1130)은 상기 제1미세유체 채널(1110) 및 상기 제2미세유체 채널(1120)이 연장되어 있는 방향을 따라 이격되도록 복수 개로 형성할 수도 있다. 이 때는 상기 제어 채널(1200)도 상기 브릿지 채널(1130)의 수에 대응되도록 복수 개로 형성될 수 있다. 그리고 상기 복수 개의 브릿지 채널(1130)들에 각각 서로 다른 미세입자들로 형성되는 멤브레인(1140)을 형성할 수 있다. 이하에서는 도 7을 참조하여 상기 브릿지 채널(1130)들이 제1브릿지 채널, 제2브릿지 채널 및 제3브릿지 채널 세 개인 것을 예로 들어 설명한다. 상기 제1브릿지 채널, 상기 제2브릿지 채널 및 상기 제3브릿지 채널은 상기 y축 방향을 따라 위쪽에서 아래쪽으로 순차적으로 이격되어 배치되는 것을 예로 든다.

[0031] 먼저 제1미세입자들을 함께 이동시키는 제1유체를 제1미세유체 채널(1110) 또는 제2미세유체 채널(1120)에 유동시킨다. 그리고 제1유체가 유동할 때는 상기 제1브릿지 채널 상에 배치되어 있는 제어 채널(1200)에 제어 기체를 주입한다. 상기 제1브릿지 채널에 상기 제1미세입자들에 의한 나노 공극을 갖는 입자 조립 멤브레인이 형성되면 상기 제어 채널(1200)에 제어 기체의 주입을 중단하고 제어 액체를 주입한다. 그리고 제2미세입자들을 함께 이동시키는 제2유체가 상기 제1미세유체 채널(1110) 또는 제2미세유체 채널(1120)을 유동할 때는 상기 제2브릿지 채널 상에 배치되어 있는 제어 채널(1200)에 제어 기체를 주입한다. 상기 제2브릿지 채널에 상기 제2미세입자들에 의한 나노 공극을 갖는 입자 조립 멤브레인이 형성되면 상기 제어 채널(1200)에 제어 기체의 주입을 중단하고 제어 액체를 주입한다. 그리고 제3미세입자들을 함께 이동시키는 제3유체가 상기 제1미세유체 채널(1110) 또는 제2미세유체 채널(1120) 유동할 때는 상기 제3브릿지 채널 상에 배치되어 있는 제어 채널(1200)에 제어 기체를 주입한다. 그리고 상기 제3브릿지 채널에 상기 제3미세입자들에 의한 나노 공극을 갖는 입자 조립 멤브레인이 형성되면 상기 제어 채널(1200)에 제어 기체의 주입을 중단하고 제어 액체를 주입한다. 이러한 과정을 통해 상기 제1브릿지 채널, 상기 제2브릿지 채널 및 상기 제3브릿지 채널에는 각각 상기 제1미세입자들, 상

기 제2미세입자들, 상기 제3미세입자들로 형성되는 멤브레인이 형성된다. 이를 통해 상기 제1미세유체 채널(1110) 및 상기 제2미세유체 채널(1120)이 연장되어 있는 방향으로 따라 병렬로 배치되는 멤브레인을 제작할 수 있다.

[0032] 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

[0033] 1000: 미세유체 채널 내부에 멤브레인을 형성하는 장치

1100: 메인 채널

1110: 제1미세유체 채널

1111: 제1미세유체 채널 주입구

1112: 제1미세유체 채널 배출구

1120: 제2미세유체 채널

1121: 제2미세유체 채널 주입구

1122: 제2미세유체 채널 배출구

1130: 브릿지 채널

1140: 멤브레인

1200: 제어 채널

1210: 제어 채널 제1주입구

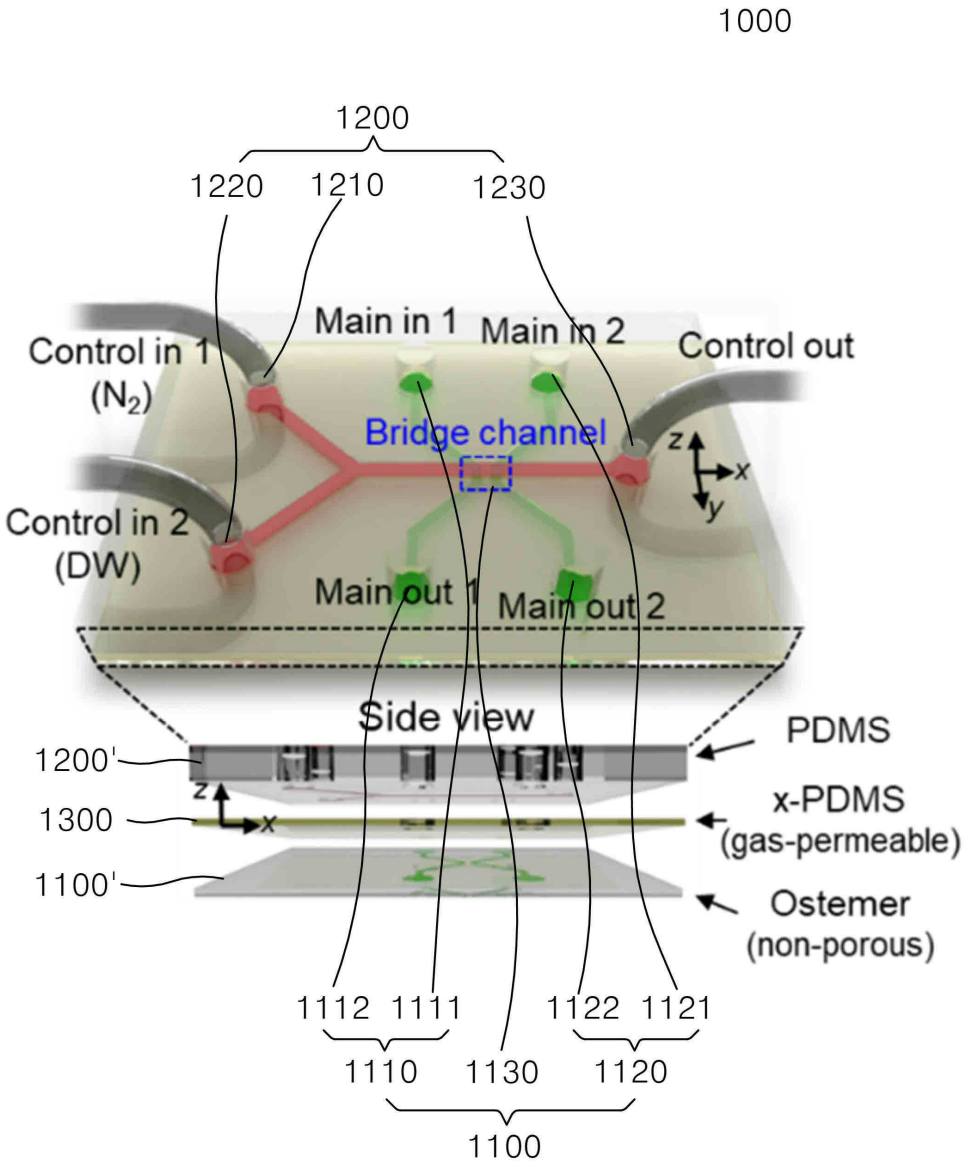
1220: 제어 채널 제2주입구

1230: 제어 채널 배출구

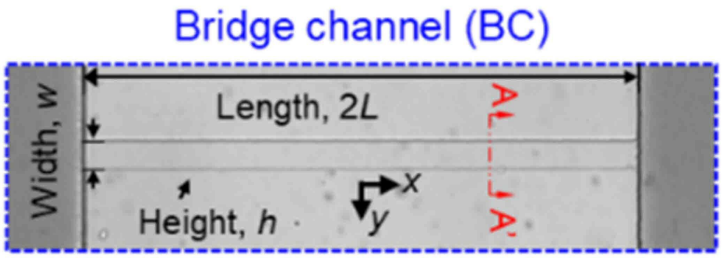
1300: 기체 투과성 부재

도면

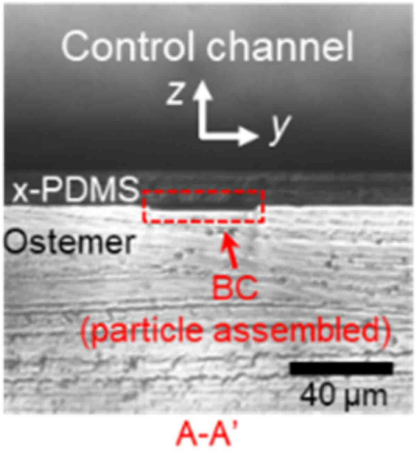
도면1


1000
1200
1220
1210
1230
Main in 1
Main in 2
Control out
Control in 1
(N2)
Bridge channel
z
x
y
Control in 2
(DW)
Main out 1
Main out 2
Side view
PDMS
1200'
z
1300
x
x-PDMS
(gas-permeable)
1100'
Ostemer
(non-porous)
1112
1111
1122
1121
1110
1130
1120
1100

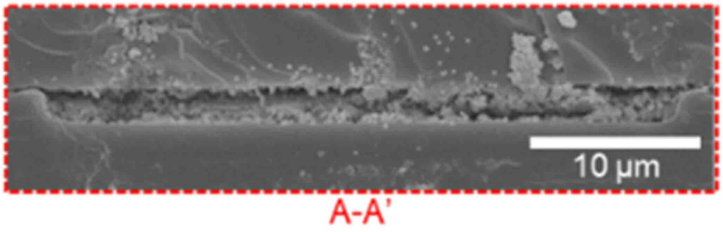
도면2


Bridge channel (BC)
Width, w
Length, 2L
A
A'
Height, h
x
y

(a)

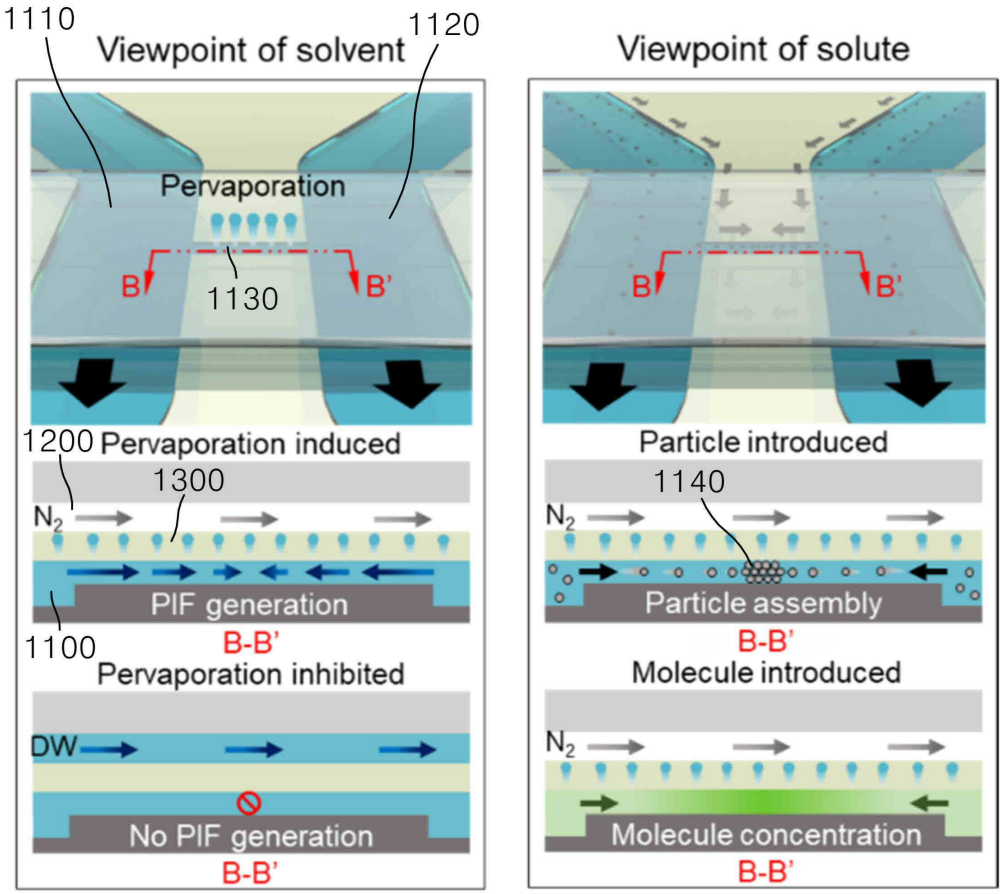

Control channel
z
y
x-PDMS
Ostemer
BC
(particle assembled)
40 μm
A-A'

(b)


10 μm
A-A'

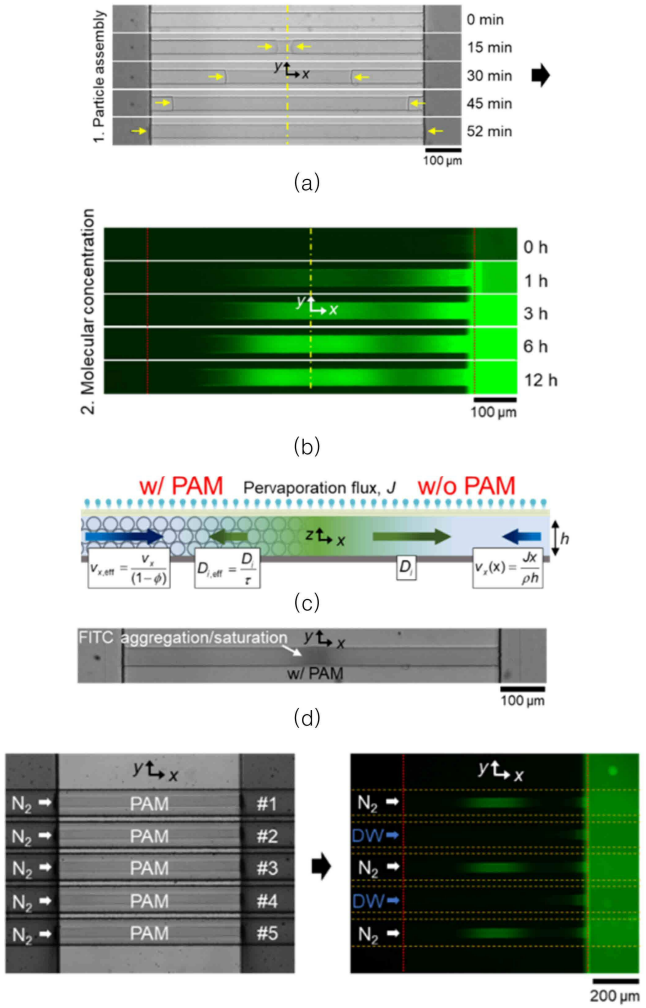
(c)

도면3

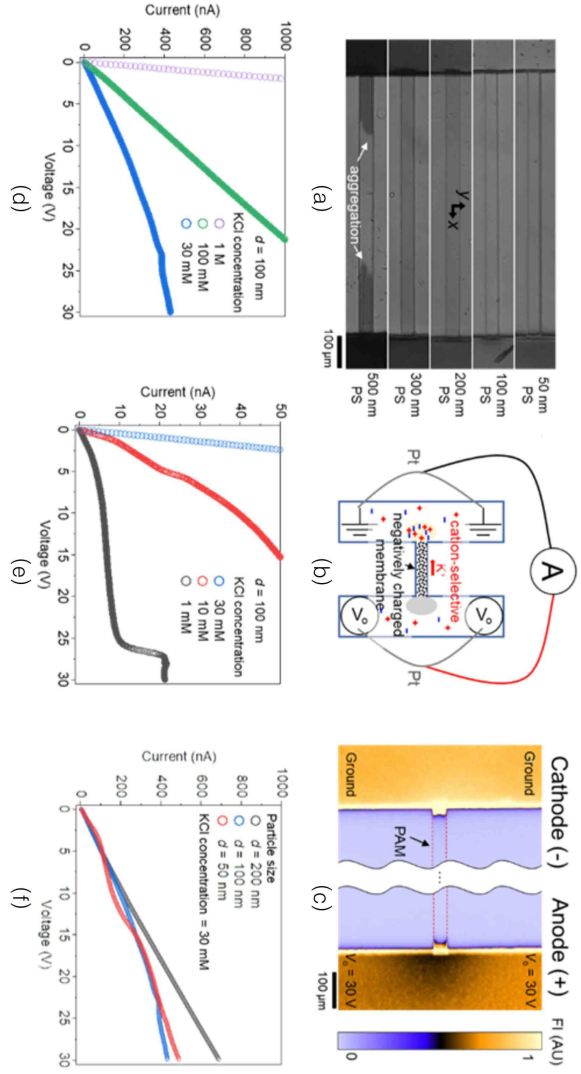

1110
Viewpoint of solvent
1120
Pervaporation
B
B'
1130
1200 Pervaporation induced
1300
N2
PIF generation
1100
B-B'
Pervaporation inhibited
DW
No PIF generation
B-B'
Viewpoint of solute
B
B'
Particle introduced
1140
N2
Particle assembly
B-B'
Molecule introduced
N2
Molecule concentration
B-B'

(a) (b)

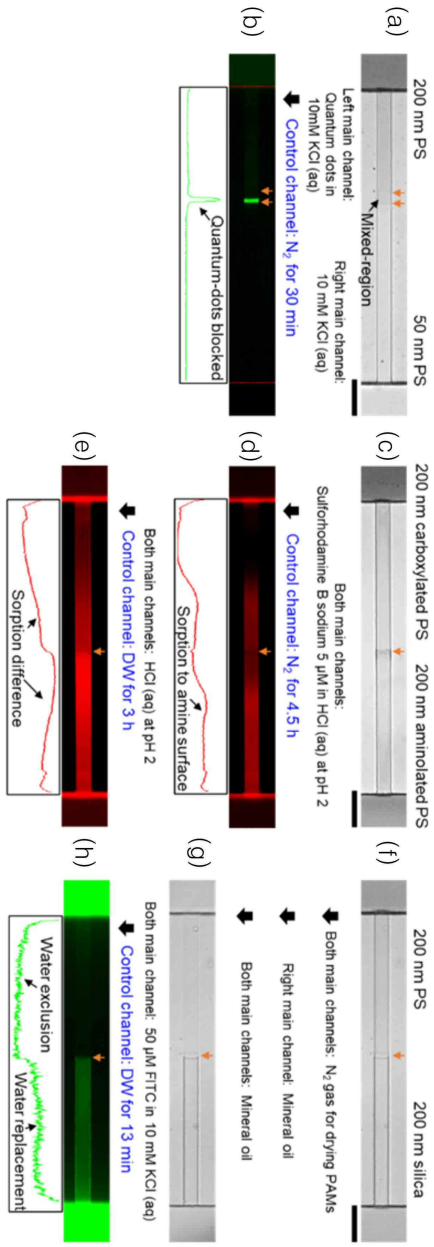
도면4


1. Particle assembly
0 min
15 min
30 min
45 min
52 min
100 μm
(a)
2. Molecular concentration
0 h
1 h
3 h
6 h
12 h
100 μm
(b)
w/ PAM
Pervaporation flux, J
w/o PAM
h
(c)
FITC aggregation/saturation
w/ PAM
100 μm
(d)
PAM
#1
#2
#3
#4
#5
DW
200 μm
(e)

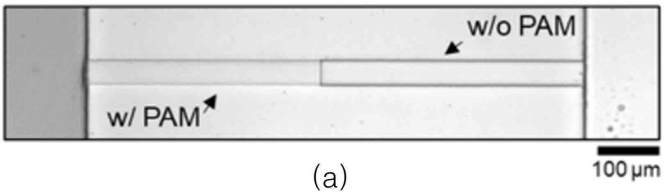
도면5


(a)
50 nm PS
100 nm PS
200 nm PS
300 nm PS
500 nm PS
aggregation
100 μm
(b)
Pt
cation-selective
negatively charged membrane
A
(c)
Cathode (-)
Anode (+)
Ground
PAM
100 μm
FI (AU)
(d)
Current (nA)
Voltage (V)
d = 100 nm
KCl concentration
1 M
100 mM
30 mM
(e)
d = 100 nm
KCl concentration
30 mM
10 mM
1 mM
(f)
Particle size
d = 200 nm
d = 100 nm
d = 50 nm
KCl concentration = 30 mM

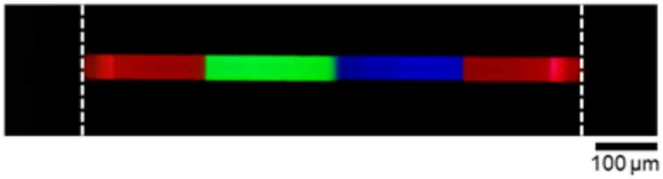
도면6


(a)
200 nm PS
50 nm PS
Left main channel:
Quantum dots in
10mM KCl (aq)
Mixed-region
Right main channel:
10 mM KCl (aq)
(b)
Control channel: N2 for 30 min
Quantum-dots blocked
(c)
200 nm carboxylated PS
200 nm aminolated PS
Both main channels:
Sulforhodamine B sodium 5 μM in HCl (aq) at pH 2
(d)
Control channel: N2 for 4.5 h
Sorption to amine surface
(e)
Both main channels: HCl (aq) at pH 2
Control channel: DW for 3 h
Sorption difference
(f)
200 nm PS
200 nm silica
Both main channels: N2 gas for drying PAMs
Right main channel: Mineral oil
Both main channels: Mineral oil
(g)
Both main channel: 50 μM FITC in 10 mM KCl (aq)
Control channel: DW for 13 min
(h)
Water exclusion
Water replacement

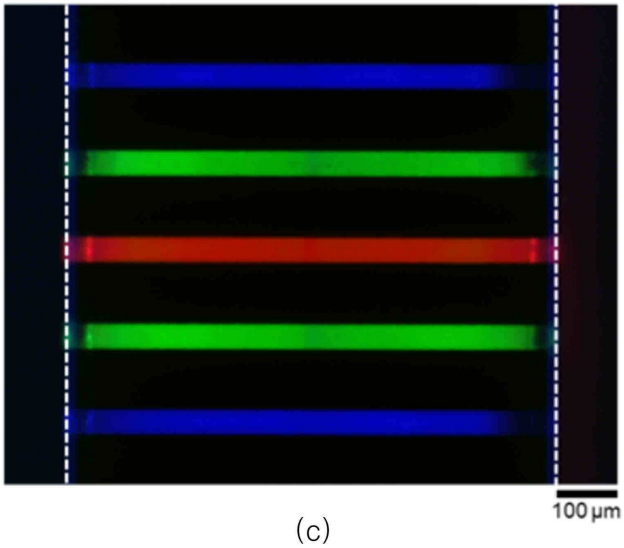
도면7

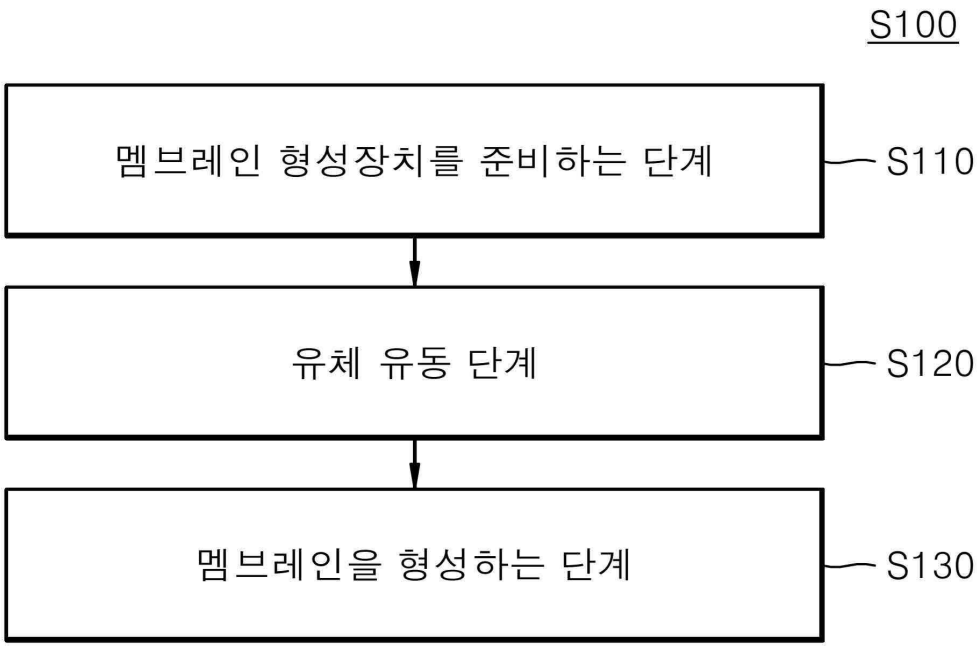


(a)



(b)



(c)

도면8