(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년07월02일
(11) 등록번호 10-1161285
(24) 등록일자 2012년06월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 67/00 (2006.01) *B01D 69/02* (2006.01)
B01D 69/06 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0007821
(22) 출원일자 2011년01월26일
심사청구일자 2011년01월26일
(56) 선행기술조사문헌
KR100740169 B1
US07700333 B2

(73) 특허권자
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
박정열
서울특별시 성동구 독서당로62길 43, 대림 1차 아파트 11동 1502호 (응봉동)
박기동
서울특별시 서초구 서초동 신동아 아파트 3동 701호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
지현조

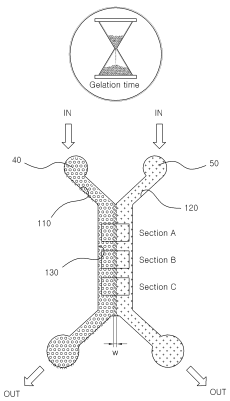
전체 청구항 수 : 총 14 항 심사관 : 오정아

(54) 발명의 명칭 **미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법 및 그 방법에 의해 제작된 미세 채널 장치**

(57) 요 약

구조 및 제작공정을 간소화할 수 있으며, 두께 조절이 가능한 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법 및 그 방법에 의해 제작된 미세 채널 장치가 개시된다. 미세 채널 내부에 폴리머 멤브레인을 형성하는 방법은, 제1유로, 제2유로, 및 제1유로와 제2유로가 합류되는 합류유로를 포함하는 미세 채널 구조체를 제공하는 단계; 제1유로 및 제2유로를 따라 서로 반응 가능한 제1용액 및 제2용액을 각각 독립적으로 공급하는 단계; 합류유로에서 제1용액 및 제2용액이 층류(laminar flow)를 이루도록 합류시키는 단계; 및 합류유로에서 합류되는 제1용액 및 제2용액의 계면(interface)에서의 가교(cross-linking) 반응을 통해 제1용액 및 제2용액의 계면을 따라 폴리머 멤브레인을 형성하는 단계;를 포함한다.

대 표 도 - 도2



(72) 발명자

신흥수

서울특별시 서초구 잠원동 70 신반포 4차아파트 204-302호

최은표

서울특별시 용산구 한강대로48길 17-5, 동승빌라 302호 (한강로2가)

전인동

경기도 고양시 일산동구 백마로 195, SK-M city 103동 602호 (장항동)

박경민

경기도 안양시 만안구 삼성산길 8, 대우푸르지오 아파트 104동 102호 (석수동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2009-0082953
부처명	교육과학기술부
연구사업명	미래유망 융합기술 파이오니어사업
연구과제명	박테리오봇 제작을 위한 이종 박테리아 패터닝 기술
주관기관	서강대학교 산학협력단
연구기간	2009.07.10 ~ 2015.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2008-0062056
부처명	교육과학기술부
연구사업명	중견연구자 지원사업
연구과제명	암세포의 물리적 변이 측정을 위한 미소유체 기반의 나노미케니컬 시스템
주관기관	서강대학교 산학협력단
연구기간	2008.09.01 ~ 2011.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

미세 채널 내부에 폴리머 멤브레인을 형성하는 방법에 있어서,

제1유로, 제2유로, 및 상기 제1유로와 상기 제2유로가 합류되는 합류유로를 포함하는 미세 채널 구조체를 제공하는 단계;

상기 제1유로 및 상기 제2유로를 따라 서로 반응 가능한 제1용액 및 제2용액을 각각 독립적으로 공급하는 단계;

상기 합류유로에서 상기 제1용액 및 상기 제2용액이 층류(laminar flow)를 이루도록 합류시키는 단계; 및

상기 합류유로에서 합류되는 상기 제1용액 및 상기 제2용액의 계면(interface)에서의 가교(cross-linking) 반응을 통해 상기 제1용액 및 상기 제2용액의 계면을 따라 폴리머 멤브레인을 형성하는 단계;

를 포함하는 미세 채널 내부에 폴리머 멤브레인을 형성하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 폴리머 멤브레인은 상기 제1용액 및 상기 제2용액의 계면에서의 확산(diffusion)에 의한 겔화(gelation) 반응에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 미세 채널 내부에 폴리머 멤브레인을 형성하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 폴리머 멤브레인의 두께는 상기 겔화 반응 시간 또는 상기 제1 및 제2용액의 유량 조절을 통해 정량적(quantitatively)으로 조절 가능한 것을 특징으로 하는 미세 채널 내부에 폴리머 멤브레인을 형성하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1용액은 고추냉이 과산화효소(HRP; horseradish peroxidase), 및 Tetronic-tyramine (Tet-TA)을 포함하는 제1수용액을 포함하여 제공되고,

상기 제2용액은 과산화수소(H_2O_2), 및 Tetronic-tyramine (Tet-TA)을 포함하는 제2수용액을 포함하여 제공되는 것을 특징으로 하는 미세 채널 내부에 폴리머 멤브레인을 형성하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1수용액 및 상기 제2수용액은 각각 인산완충식염수(PBS; phosphate buffered saline)를 포함하는 것을 특징으로 하는 미세 채널 내부에 폴리머 멤브레인을 형성하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 미세 채널 구조체는 폴리-디메틸실록산(PDMS)을 이용하여 제공되는 것을 특징으로 하는 미세 채널 내부에 폴리머 멤브레인을 형성하는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 미세 채널 구조체는 상기 제1유로 및 상기 제2유로의 외측에 배치되도록 상기 합류유로에 연결되는 제3

유로 및 제4유로를 더 포함하여 제공되고,

상기 제1용액 및 상기 제2용액이 공급되는 동안 상기 제3유로 및 상기 제4유로에는 각각 상기 제1용액 및 상기 제2용액에 대해 비반응성(inert)을 갖는 비반응성 용액이 공급되며,

상기 합류유로에서 상기 제1용액 및 상기 제2용액은 상기 제3유로 및 상기 제4유로를 통해 공급되는 상기 비반응성 용액의 내측에서 층류를 이루도록 합류되는 것을 특징으로 하는 미세 채널 내부에 폴리머 멤브레인을 형성하는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제3유로 및 상기 제4유로의 각 일단을 연결하는 연결유로를 더 포함하고,

상기 연결유로에 공급된 상기 비반응성 용액은 상기 제3유로 및 상기 제4유로로 분기되는 것을 특징으로 하는 미세 채널 내부에 폴리머 멤브레인을 형성하는 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 제1용액 및 상기 제2용액의 유량에 대한 상기 비반응성 용액의 유량의 유량비(flow ratio)에 의해 상기 폴리머 멤브레인의 두께를 조절 가능한 것을 특징으로 하는 미세 채널 내부에 폴리머 멤브레인을 형성하는 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 비반응성 용액은 초순수(Deionized water)를 포함하는 것을 특징으로 하는 미세 채널 내부에 폴리머 멤브레인을 형성하는 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 제2유로는 상기 제1유로의 외측에 각각 배치되는 제1분기유로 및 제2분기유로를 포함하여 제공되고,

상기 합류유로에서 상기 제1용액은 상기 제1 및 제2분기유로를 통해 공급되는 상기 제2용액의 내측에 층류를 이루도록 합류되는 것을 특징으로 하는 미세 채널 내부에 폴리머 멤브레인을 형성하는 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제2유로는 상기 제1 및 제2분기유로의 각 일단을 연결하는 공통유로를 더 포함하고,

상기 공통유로에 공급된 상기 제2용액은 상기 제1 및 제2분기유로로 분기되는 것을 특징으로 하는 미세 채널 내부에 폴리머 멤브레인을 형성하는 방법.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 제1유로 및 상기 제2유로에 세정액을 공급하는 단계를 더 포함하고,

상기 세정액이 공급되면 상기 합류유로에서 미반응된(unreacted) 상기 제1 및 제2용액이 제거되는 것을 특징으로 하는 미세 채널 내부에 폴리머 멤브레인을 형성하는 방법.

청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항의 방법에 의해서 형성된 미세 채널 장치.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법 및 그 방법에 의해 제작된 미세 채널 장치에 관한 것으로서, 보다 자세하게는 미세 채널에서 폴리머 멤브레린을 자유롭고 용이하게 형성할 수 있는 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법 및 그 방법에 의해 제작된 미세 채널 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 폴리머 멤브레인(polymer membrane or polymeric membrane)은 폴리머 상계면(interphase) 형태의 멤버레인으로서, 특정 성분이나 분자를 선택적으로 반대편으로 전달하기 위해 사용될 수 있다. 일 예로, 폴리머 멤브레인은 용액 또는 기체 등을 분리하고, 특정 성분이나 분자를 전달하기 위한 용도로 생체 적용 분야에 사용될 수 있다.

[0003] 그 중, 히드로겔(hydrogel) 멤브레인은 천연 조직과 매우 유사한 물리적 특징을 갖기 때문에, 즉, 낮은 생체 독성, 면역 효과, 높은 생체 적합성(biocompatibility)을 갖기 때문에, 바이오 칩(biochip)과 같은 미세채널 장치에 적용하기 위해 많은 연구와 개발이 이루어지고 있다.

[0004] 그런데, 종래 폴리머 멤브레인은 그 형성이 매우 어렵고, 정교한 작업을 요구하는 반면 그 밀봉이나 제작이 용이하지 않은 문제점이 있다. 또한, 종래 폴리머 멤브레인은 요구되는 조건에 따라 폴리머 멤브레인의 두께(또는 폭)을 조절하기 어렵고, 안정적인 계면을 형성하기 어려운 문제점이 있다.

[0005] 이에 따라 최근에는 폴리머 멤브레인 제조의 용이함을 제공할 수 있으며, 활용성을 향상시키기 위한 여러 가지 검토가 이루어지고 있으나, 아직 미흡하여 이에 대한 개발이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 폴리머 멤브레인을 용이하게 형성할 수 있는 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법 및 그 방법에 의해 제작된 미세 채널 장치를 제공한다.

[0007] 특히, 본 발명은 멤브레인의 폭(두께) 조절이 용이하며, 안정적인 계면을 형성할 수 있는 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법 및 그 방법에 의해 제작된 미세 채널 장치를 제공한다.

[0008] 또한, 본 발명은 제조비용을 절감할 수 있으며, 다양한 미세채널 장치 및 분야에 적용할 수 있는 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법 및 그 방법에 의해 제작된 미세 채널 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0009] 상술한 본 발명의 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 미세 채널 내부에 폴리머 멤브레인을 형성하는 방법은, 제1유로, 제2유로, 및 제1유로와 제2유로가 합류되는 합류유로를 포함하는 미세채널 구조체를 제공하는 단계; 제1유로 및 제2유로를 따라 서로 반응 가능한 제1용액 및 제2용액을 각각 독립적으로 공급하는 단계; 합류유로에서 제1용액 및 제2용액이 층류(laminar flow)를 이루도록 합류시키는 단계; 및 합류유로에서 합류되는 제1용액 및 제2용액의 계면(interface)에서의 가교(cross-linking) 반응을 통해 제1용액 및 제2용액의 계면을 따라 폴리머 멤브레인을 형성하는 단계;를 포함한다.

[0010] 구체적으로 폴리머 멤브레인은 제1용액 및 제2용액의 계면에서의 확산(diffusion)에 의한 겔화(gelation) 반응에 의해 형성될 수 있다. 아울러, 폴리머 멤브레인의 두께는 제1 및 제2용액 간의 겔화 반응 시간, 또는 제1 및 제2용액의 유량 조절을 통해 정량적(quantitatively)으로 조절 가능하다.

[0011] 제1용액 및 제2용액으로서는 계면에서 겔화 반응 가능한 다양한 용액이 사용될 수 있다. 일 예로, 제1용액은 고추냉이 과산화효소(HRP; horseradish peroxidase), 및 Tetronic-tyramine (Tet-TA)을 포함하는 제1수용액을 포함하여 제공될 수 있고, 제2용액은 과산화수소(H_2O_2), 및 Tetronic-tyramine (Tet-TA)을 포함하는 제2수용액을 포함하여 제공될 수 있다. 참고로, 제1용액의 Tet-TA와 제2용액의 Tet-TA는 동일한 농도로 제공된다. 아울러, 제1수용액 및 제2수용액은 각각 인산완충식염수(PBS; phosphate buffered saline)를 포함하여 제공될 수 있다. 경우에 따라서는 인산완충식염수 대신 여타 다른 물질을 사용하는 것도 가능하다.

[0012] 아울러, 요구되는 소정 두께로 폴리머 멤브레인이 형성된 후에는, 제1유로 및 제2유로에 세정액이 공급될 수 있으며, 세정액에 의해 미반응된(unreacted) 제1 및 제2용액이 합류유로에서 제거(배출)될 수 있다. 세정액으로서는 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양한 세정액이 사용될 수 있다. 일 예로, 세정액으로서 제1 및 제2용액과 반응하지 않는 초순수(Deionized water)가 사용될 수 있다.

[0013] 본 발명의 다른 바람직한 실시예에 따르면, 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법은, 제1유로, 제2유로, 및 합류유로를 포함하는 미세 채널 구조체를 제공하는 단계, 제1유로 및 제2유로를 따라 서로 반응 가능한 제1용액 및 제2용액을 각각 독립적으로 공급하는 단계, 합류유로에서 제1용액 및 제2용액이 층류(laminar flow)를 이루도록 합류시키는 단계, 및 합류유로에서 합류되는 제1용액 및 제2용액의 계면(interface)에서의 가교(cross-linking) 반응을 통해 제1용액 및 제2용액의 계면을 따라 폴리머 멤브레인을 형성하는 단계를 포함하되, 미세 채널 구조체에는 제1유로 및 제2유로의 외측에 배치되도록 합류유로에 연결되는 제3유로 및 제4유로가 제공될 수 있고, 제1용액 및 제2용액이 공급되는 동안 제3유로 및 제4유로에는 각각 제1용액 및 제2용액에 대해 비반응성(inert)을 갖는 비반응성 용액이 공급될 수 있으며, 합류유로에서 제1용액 및 제2용액은 제3유로 및 제4유로를 통해 공급되는 비반응성 용액의 내측에서 층류를 이루도록 합류될 수 있다.

[0014] 또한, 제1 및 제2용액의 유량(internal flux)에 대한 비반응성 용액의 유량(external flux)의 유량비(flow ratio)를 조절함으로써, 폴리머 멤브레인의 두께를 정량적으로 조절할 수 있다.

[0015] 비반응성 용액으로서는 제1용액 및 제2용액과 비반응성을 갖는 통상의 용액이 사용될 수 있으며, 비반응성 용액의 종류 및 특성에 의해 본 발명이 제한되거나 한정되지 않는다. 일 예로, 비반응성 용액으로서는 초순수(Deionized water)가 사용될 수 있다.

[0016] 아울러, 제3유로 및 제4유로의 각 일단은 연결유로에 의해 일체로 연결될 수 있으며, 연결유로에 공급된 비반응성 용액은 제3유로 및 제4유로로 분기되어 공급될 수 있다.

[0017] 본 발명의 또 다른 바람직한 실시예에 따르면, 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법은, 제1유로, 제2유로, 및 합류유로를 포함하는 미세 채널 구조체를 제공하는 단계, 제1유로 및 제2유로를 따라 서로 반응 가능한 제1용액 및 제2용액을 각각 독립적으로 공급하는 단계, 합류유로에서 제1용액 및 제2용액이 층류(laminar flow)를 이루도록 합류시키는 단계, 및 합류유로에서 합류되는 제1용액 및 제2용액의 계면(interface)에서의 가교(cross-linking) 반응을 통해 제1용액 및 제2용액의 계면을 따라 폴리머 멤브레인을 형성하는 단계를 포함하되, 제2유로는 제1유로의 외측에 각각 배치되는 제1분기유로 및 제2분기유로를 포함하여 제공될 수 있고, 합류유로에서 제1용액은 제1 및 제2분기유로를 통해 공급되는 제2용액의 내측에 층류를 이루도록 합류될 수 있다.

[0018] 또한, 제1분기유로 및 제2분기유로의 각 일단은 공통유로에 의해 일체로 연결될 수 있으며, 공통유로에 공급된 제2용액은 제1 및 제2분기유로로 분기되어 공급될 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 따르면, 층류를 이루도록 합류되는 제1 및 제2용액의 계면(interface)에서의 가교(cross-linking) 반응을 통해 폴리머 멤브레인을 형성할 수 있기 때문에, 폴리머 멤브레인의 제조공정을 보다 간소화할 수 있으며, 제조비용을 절감할 수 있다.

[0020] 또한, 본 발명에 따르면 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 겔화 반응 시간 또는 제1 및 제2용액의 유량 조절을 통해 폴리머 멤브레인의 두께를 정량적(quantitatively)으로 조절할 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명에 따르면 복잡하고 정교한 멤브레인의 형성이 가능하며, 다양한 미세채널 장치 및 분야에 적용할 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명에 따르면 완벽한 멤브레인을 제조 현장에서(in-situ) 바로 제조가 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1 내지 도 4는 본 발명에 따른 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 5 내지 도 9는 본 발명에 따른 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법으로서, 미세 채널 구조체의 구조 및 형성방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 10 및 도 11은 본 발명에 따른 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법으로서, 겔화 반응 시간에 따른 폴리

머 멤브레인의 두께 변화를 설명하기 위한 그래프이다.

도 12 내지 도 14는 본 발명의 다른 실시예에 따른 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 15는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 16은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법으로서, 유량비에 따른 폴리머 멤브레인의 두께 변화를 설명하기 위한 그래프이다.

도 17은 또 다른 실시예에 따른 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 참고로, 본 설명에서 동일한 번호는 실질적으로 동일한 요소를 지칭하며, 이러한 규칙 하에서 다른 도면에 기재된 내용을 인용하여 설명할 수 있고, 당업자에게 자명하다고 판단되거나 반복되는 내용은 생략될 수 있다.

[0025] 도 1 내지 도 4는 본 발명에 따른 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법을 설명하기 위한 도면이고, 도 5 내지 도 9는 본 발명에 따른 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법으로서, 미세 채널 구조체의 구조 및 형성방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0026] 또한, 도 10 및 도 11은 본 발명에 따른 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법으로서, 겔화 반응 시간에 따른 폴리머 멤브레인의 두께 변화를 설명하기 위한 그래프이고, 도 12 내지 도 14는 본 발명의 다른 실시예에 따른 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0027] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 본 발명에 따른 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법은, 제1유로(110), 제2유로(120), 및 제1유로(110)와 제2유로(120)가 일시적으로 합류되는 합류유로(130)를 포함하는 미세 채널 구조체(10)를 제공하는 단계, 상기 제1유로(110) 및 제2유로(120)를 따라 서로 반응 가능한 제1용액(40) 및 제2용액(50)을 각각 독립적으로 공급하는 단계, 상기 합류유로(130)에서 제1용액(40) 및 제2용액(50)을 합류시키는 단계, 및 상기 합류유로(130)에서 합류되는 제1용액(40) 및 제2용액(50)의 계면(interface)에서의 가교(cross-linking) 반응을 통해 제1용액(40) 및 제2용액(50)의 계면을 따라 폴리머 멤브레인(101)을 형성하는 단계를 포함한다.

[0028] 먼저, 미세 채널 구조체(10)를 마련한다. 도 5를 참조하면, 상기 미세 채널 구조체(10)에는 제1유로(110), 제2유로(120), 및 합류유로(130)가 제공되며, 상기 각 유로를 포함하는 미세 채널 구조체(10)의 구조 및 특성은 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양하게 변경될 수 있다. 이하에서는 상기 미세 채널 구조체(10)에 제1유로(110), 제2유로(120), 및 합류유로(130)가 대략 "X" 형상으로 형성된 예를 들어 설명하기로 한다.

[0029] 일 예로, 상기 미세 채널 구조체(10)는 도 6 내지 도 9와 같은 단계에 의해 제조될 수 있다. 도 6과 같이, 실리콘 웨이퍼(11) 상에 에폭시 계열의 감광액(13)(예를 들어, SU-8)을 패터닝한 후, 도 7과 같이, 상기 실리콘 웨이퍼(11) 상에 폴리-디메틸록산(PDMS)를 이용하여 베이스 구조(15)를 형성할 수 있다. 상기 베이스 구조(15)는 액상의 PDMS를 부어 경화시키는 과정을 통해서 제작될 수가 있으며, 경화된 베이스 구조(15)는 도 8과 같이, 실리콘 웨이퍼(11)로부터 분리함으로써 얻어질 수 있다. 그 후, 도 9와 같이, 베이스 구조(15) 상에 슬라이드 글라스와 같은 커버 구조(17)를 부착함으로써 제공될 수 있다. 전술한 유로 구조는 상기 감광액 패터닝에 의해 결정될 수 있으며, 상기 베이스 구조에는 미세 튜브와 같은 통상의 전달매체가 연결되기 위한 홀 또는 홈 등이 가공될 수 있다.

[0030] 다음, 도 1과 같이, 상기 제1유로(110) 및 제2유로(120)를 따라 서로 반응 가능한 제1용액(40) 및 제2용액(50)을 각각 독립적으로 공급한다. 상기 제1용액(40) 및 제2용액(50)은 미세 튜브 또는 미세 주사기 펌프와 같은 통상의 전달매체를 통해 동일한 유량으로 각 유로에 공급될 수 있다. 아울러, 상기 제1용액(40) 및 제2용액(50)의 유량은 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 적절히 변경될 수 있다.

[0031] 상기 제1용액(40)은 고추냉이 과산화효소(HRP; horseradish peroxidase), 및 Tetronic-tyramine (Tet-TA)을 포함하는 제1수용액을 포함하여 제공될 수 있고, 상기 제2용액(50)은 과산화수소(H_2O_2), 및 Tetronic-tyramine (Tet-TA)을 포함하는 제2수용액을 포함하여 제공될 수 있다. 참고로, 상기 제1용액(40)의 Tet-TA와 제2용액(50)의 Tet-TA는 동일한 농도로 제공된다.

[0032] 아울러, 상기 제1수용액 및 제2수용액은 각각 인산완충식염수(PBS; phosphate buffered saline)를 포함하여 제공될 수 있다. 경우에 따라서는 인산완충식염수 대신 여타 다른 물질을 사용하는 것도 가능하다.

[0033] 그 후, 제1유로(110) 및 제2유로(120)에 공급된 제1용액(40) 및 제2용액(50)은 합류유로(130)에서 층류(laminar flow)를 이루도록 합류된다.

[0034] 다음, 상기 합류유로(130)에서 층류를 이루도록 합류된 제1용액(40) 및 제2용액(50)의 계면(interface)에서의 가교(cross-linking) 반응을 통해 제1용액(40) 및 제2용액(50)의 계면을 따라 폴리머 멤브레인(101)을 형성한다. 즉, 도 2와 같이, 상기 폴리머 멤브레인(101)은 제1용액(40) 및 제2용액(50)의 계면에서의 확산(diffusion)에 의한 겔화(gelation) 반응이 소정 시간 지속됨으로써 형성될 수 있다.

[0035] 아울러, 상기 제1용액(40) 및 제2용액(50)의 계면에서 겔화 반응이 이루어지는 동안 제1용액(40) 및 제2용액(50)의 공급 상태는 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 변경될 수 있다. 일 예로, 상기 제1용액(40) 및 제2용액(50)의 계면에서의 겔화 반응은, 상기 합류유로(130)에서 제1용액(40) 및 제2용액(50)이 층류를 이루도록 연속적으로 공급되는 동안 이루어질 수 있다. 다르게는 합류유로에 제1용액 및 제2용액이 층류를 이루도록 채워진 후 제1용액 및 제2용액의 공급이 중단된 상태에서 제1용액 및 제2용액의 계면에서의 겔화 반응이 이루어지도록 구성할 수도 있다.

[0036] 참고로, 상기 고추냉이 과산화효소 및 제1수용액(Tet-TA 포함)을 포함하는 제1용액(40)과, 과산화수소 및 제2수용액(Tet-TA 포함)을 포함하는 제2용액(50) 간의 겔화 반응은 다음 문헌 "In Situ Forming Hydrogels Based on Tyramine Conjugated 4-Arm-PPO-PEO via Enzymatic Oxidative Reaction"(Biomacromolecules, 11 (2010) 706-712.)을 통해 인용될 수 있다.

[0037] 아울러, 제1용액(40) 및 제2용액(50)의 계면에서의 확산(diffusion)에 의한 겔화(gelation) 반응이 소정 시간 지속된 후에는, 즉, 요구되는 소정 두께로 폴리머 멤브레인(101)이 형성된 후에는 도 3과 같이, 상기 제1유로(110) 및 제2유로(120)에 세정액(60)이 공급될 수 있으며, 상기 세정액(60)에 의해 미반응된(unreacted) 제1 및 제2용액(40,50)이 합류유로(130)에서 제거(배출)될 수 있다.

[0038] 상기 세정액(60)으로서는 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양한 세정액(60)이 사용될 수 있다. 이하에서는 상기 세정액(60)으로서는 제1 및 제2용액(40,50)과 반응하지 않는 초순수(Deionized water)가 사용된 예를 들어 설명하기로 한다.

[0039] 이와 같이, 상기 폴리머 멤브레인(101)은 합류유로(130)에서 층류를 이루도록 합류된 제1용액(40) 및 제2용액(50)의 계면에서의 확산(diffusion)에 의한 겔화(gelation) 반응에 의해 형성되기 때문에, 도 4와 같이 상기 폴리머 멤브레인(101)은 제1용액(40) 및 상기 제2용액(50)의 계면을 따라 합류유로(130)를 구획하도록 형성될 수 있다.

[0040] 한편, 상기 폴리머 멤브레인(101)의 두께(W)는 제1 및 제2용액(40,50)의 계면에서의 겔화 반응 시간의 조절을 통해 정량적(quantitatively)으로 조절될 수 있다. 참고로, 겔화 반응 시간이라 함은 합류유로(130)에서 제1용액(40) 및 제2용액(50)이 층류를 이루도록 합류된 상태가 지속되는 시간으로 이해될 수 있다.

[0041] 일 예로, 합류유로(130)가 소정 폭(4㎜), 길이(13㎜) 및 깊이(50㎛)로 형성된 조건 하에서, 고추냉이 과산화효소(0.03125 wt%), 인산완충식염수 및 Tet-TA(5.2%)를 포함하는 제1용액(40)과, 과산화수소(0.03125 mg/ml), 인산완충식염수 및 Tet-TA(5.2%)를 포함하는 제2용액(50)을 각각 1㎖/min 유량으로 공급하고, 제1용액(40) 및 제2용액(50)의 겔화 반응 시간에 따라 폴리머 멤브레인(101)의 두께를 측정하였다. 그 결과, 도 10을 통해 알 수 있듯이, 겔화 반응 시간(duration time)이 증가함에 따라 폴리머 멤브레인(101)의 두께(W)가 정량적으로 증가됨을 확인할 수 있다.

[0042] 또한, 상기 폴리머 멤브레인(101)의 형성 과정은, 도 11과 같이, 제1용액(40)과 제2용액(50)에 서로 다른 농도 조건의 형광체(fluorescence)를 혼합하고, 겔화 반응이 이루어지는 동안 통상의 현미경을 통해 형광체의 확산 이미지를 취득함으로써 시각화될 수 있다. 참고로, 도 11의 A,B,C 영역은 도 2의 A,B,C 영역을 나타낸다.

[0043] 한편, 도 15는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법을 설명하기 위한 도면이고, 도 16은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법으로서, 유량비에 따른 폴리머 멤브레인의 두께 변화를 설명하기 위한 그래프이다. 아울러, 전술한 구성과 동일 및 동일 상당 부분에 대해서는 동일 또는 동일 상당한 참조 부호를 부여하고, 그에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.

[0044] 도 15를 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 미세채널의 폴리머 멤브레인(201) 형성방법은, 미세 채널 구조체(도 5의 10 참조)를 제공하는 단계, 상기 미세 채널 구조체의 제1유로(210) 및 제2유로(220)를 따라 서로 반응 가능한 제1용액(40) 및 제2용액(50)을 각각 독립적으로 공급하는 단계, 상기 미세 채널 구조체의 합류유로(230)에서 제1용액(40) 및 제2용액(50)이 층류(laminar flow)를 이루도록 합류시키는 단계, 및 상기 합류유로(230)에서 합류되는 제1용액(40) 및 제2용액(50)의 계면(interface)에서의 가교(cross-linking) 반응을 통해 제1용액(40) 및 제2용액(50)의 계면을 따라 폴리머 멤브레인(201)을 형성하는 단계를 포함하되, 상기 미세 채널 구조체에는 제1유로(210) 및 제2유로(220)의 외측에 배치되도록 합류유로(230)에 연결되는 가 제공될 수 있고, 상기 제1용액(40) 및 제2용액(50)이 공급되는 동안 제3유로(240) 및 제4유로(250)에는 각각 제1용액(40) 및 제2용액(50)에 대해 비반응성(inert)을 갖는 비반응성 용액(70)이 공급될 수 있으며, 상기 합류유로(230)에서 제1용액(40) 및 제2용액(50)은 제3유로(240) 및 제4유로(250)를 통해 공급되는 비반응성 용액(70)의 내측에서 층류를 이루도록 합류될 수 있다.

[0045] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면 합류유로(230)에 유입되는 용액의 유량을 조절함으로써, 폴리머 멤브레인(201)의 두께를 조절할 수 있다. 즉, 합류유로(230)에는 제1 및 제2용액(40,50)과 함께 비반응성 용액(70)이 함께 공급될 수 있으며, 제1 및 제2용액(40,50)은 비반응성 용액(70)의 내측에서 집속된 상태(Hydrodynamic focusing)로 층류를 이루도록 합류될 수 있다. 이와 같이, 합류유로(230)에는 보다 많은 유량의 용액(제1 및 제2용액, 비반응성 용액)이 공급될 수 있기 때문에 제1용액(40) 및 제2용액(50) 간의 겔화 반응에 의한 폴리머 멤브레인(201)의 두께를 극대화할 수 있다.

[0046] 상기 비반응성 용액(70)은 제1용액(40) 및 제2용액(50)과 비반응성을 갖는 통상의 용액이 사용될 수 있으며, 비반응성 용액(70)의 종류 및 특성에 의해 본 발명이 제한되거나 한정되지 않는다. 일 예로, 상기 비반응성 용액(70)으로서는 초순수(Deionized water)가 사용될 수 있다.

[0047] 아울러, 상기 제3유로(240) 및 제4유로(250)의 각 일단은 연결유로(260)에 의해 일체로 연결될 수 있으며, 상기 연결유로(260)에 공급된 비반응성 용액(70)은 제3유로(240) 및 제4유로(250)로 분기되어 공급될 수 있다. 경우에 따라서는 별도의 연결유로를 배제하고 제3유로 및 제4유로에 각각 독립적으로 비반응성 용액이 공급되도록 구성할 수 있다.

[0048] 또한, 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 제1 및 제2용액(40,50)의 유량(internal flux)에 대한 비반응성 용액(70)의 유량(external flux)의 유량비(flow ratio)를 조절함으로써, 폴리머 멤브레인(101)의 두께를 정량적으로 조절할 수 있다.

[0049] 일 예로, 합류유로(230)가 폭(4㎜), 길이(13㎜) 및 깊이(50㎛)로 형성된 조건 하에서 소정 시간(50초) 동안, 고추냉이 과산화효소(0.03125 wt%), 인산완충식염수 및 Tet-TA(5.2%)를 포함하는 제1용액(40)과, 과산화수소(0.03125 mg/ml), 인산완충식염수 및 Tet-TA(5.2%)를 포함하는 제2용액(50)을 각각 0.1㎖/min 유량으로 공급하고, 비반응성 용액(70)을 다양한 유량 조건(0.05㎖/min, 0.1㎖/min, 0.15㎖/min, 0.2㎖/min, 0.25㎖/min ml/min)으로 공급한 후, 폴리머 멤브레인(201)의 두께를 측정하였다. 그 결과, 도 16을 통해 알 수 있듯이, 상기 제1 및 제2용액(40,50)의 유량(internal flux)에 대한 비반응성 용액(70)의 유량(external flux)의 유량비(flow ratio)에 따라 폴리머 멤브레인(201)의 두께(W)가 정량적으로 변경됨을 확인할 수 있다.

[0050] 또한, 도 17은 또 다른 실시예에 따른 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법을 설명하기 위한 도면이다. 아울러, 전술한 구성과 동일 및 동일 상당 부분에 대해서는 동일 또는 동일 상당한 참조 부호를 부여하고, 그에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.

[0051] 도 17을 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 미세채널의 폴리머 멤브레인 형성방법은, 미세 채널 구조체(도 5의 10 참조)를 제공하는 단계, 상기 미세 채널 구조체의 제1유로(310) 및 제2유로(320)를 따라 서로 반응 가능한 제1용액(40) 및 제2용액(50)을 각각 독립적으로 공급하는 단계, 상기 미세 채널 구조체(10)의 합류유로(330)에서 제1용액(40) 및 제2용액(50)이 층류(laminar flow)를 이루도록 합류시키는 단계, 및 상기 합류유로(330)에서 합류되는 제1용액(40) 및 제2용액(50)의 계면(interface)에서의 가교(cross-linking) 반응을 통해 제1용액(40) 및 제2용액(50)의 계면을 따라 폴리머 멤브레인(301)을 형성하는 단계를 포함하되, 상기 제2유로(320)는 제1유로(310)의 외측에 각각 배치되는 제1분기유로(322) 및 제2분기유로(324)를 포함하여 제공될 수 있고, 상기 합류유로(330)에서 제1용액(40)은 제1 및 제2분기유로(322,324)를 통해 공급되는 제2용액(50)의 내측에 층류를 이루도록 합류될 수 있다.

[0052] 이와 같이, 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면 합류유로(330)에는 제1 및 제2분기유로(322,324)를 통해 제2용액(50)이 공급되고, 제1용액(40)은 제2용액(50)의 내측에 층류를 이루도록 합류될 수 있기 때문에, 합류유

로(330)에는 평행한 두개의 폴리머 멤브레인(301)이 동시에 형성될 수 있다.

[0053] 또한, 상기 제1분기유로(322) 및 제2분기유로(324)의 각 일단은 공통유로(326)에 의해 일체로 연결될 수 있으며, 상기 공통유로(326)에 공급된 제2용액(50)은 제1 및 제2분기유로(322,324)로 분기되어 공급될 수 있다. 경우에 따라서는 별도의 공통유로를 배제하고 제1분기유로 및 제2분기유로에 각각 독립적으로 제2용액이 공급되도록 구성할 수 있다.

[0054] 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술분야의 숙련된 당업자라면 하기의 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

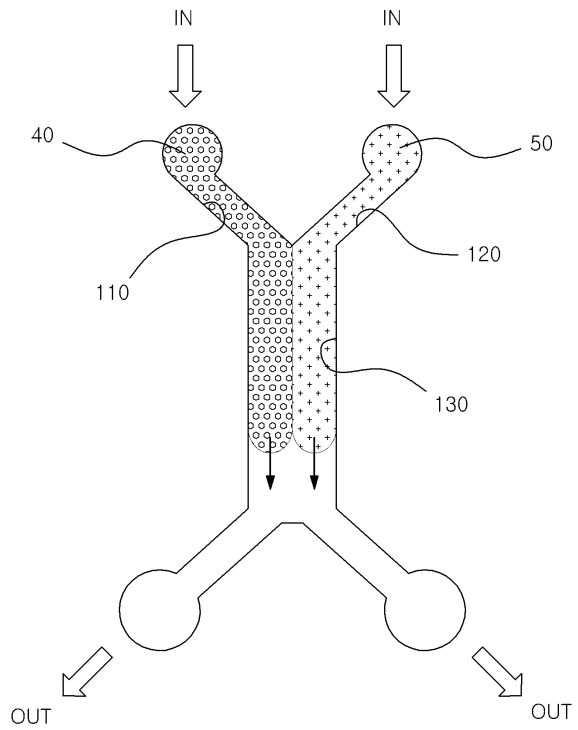
[0055] 10 : 미세 채널 구조체 110 : 제1유로

120 : 제2유로 130 : 합류유로

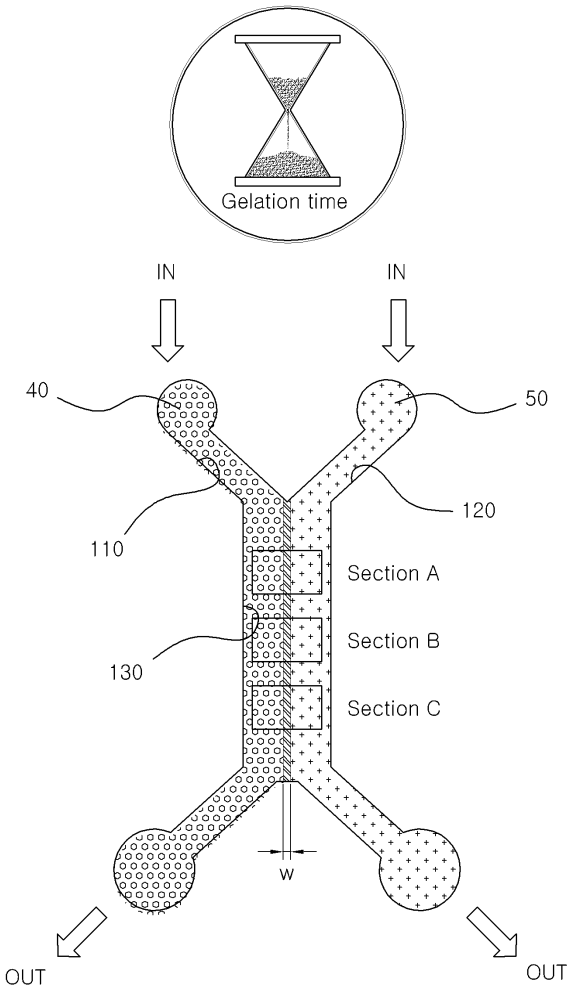
101 : 폴리머 멤브레인

도면

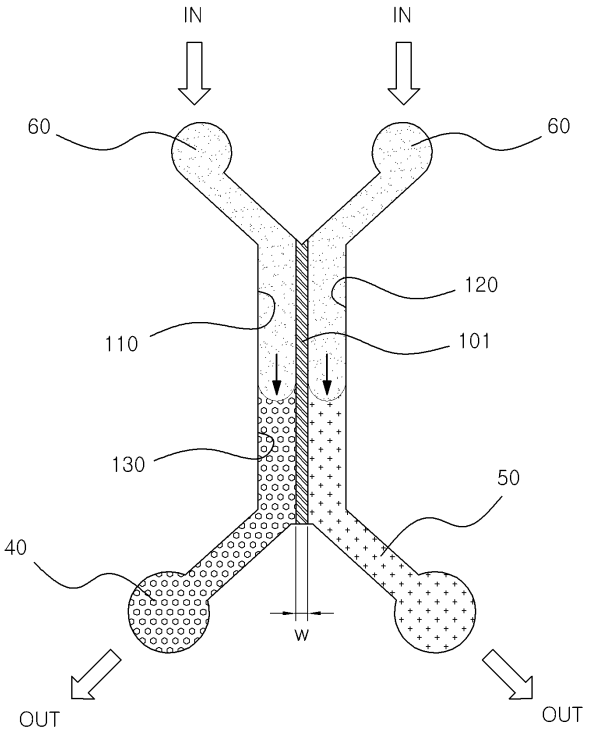
도면1



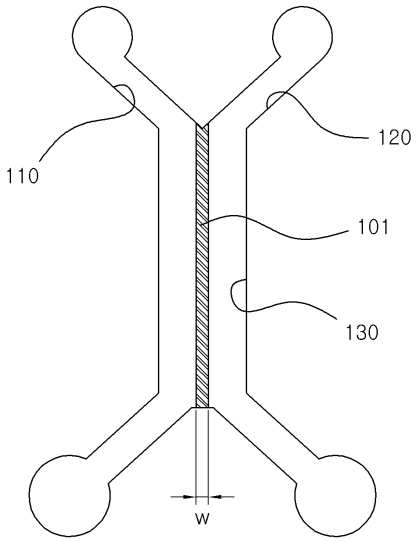
도면2


Gelation time
IN
IN
40
50
120
110
Section A
Section B
130
Section C
W
OUT
OUT

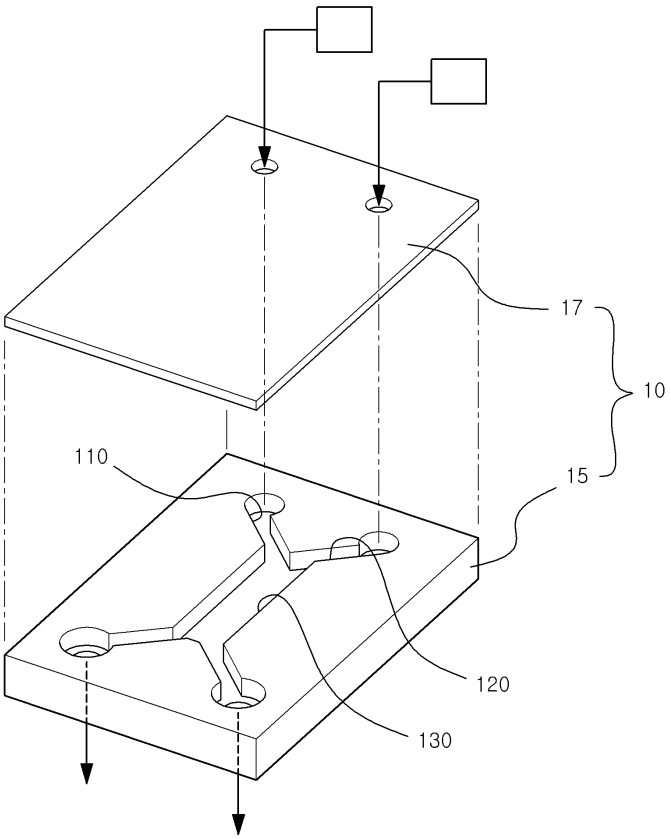
도면3



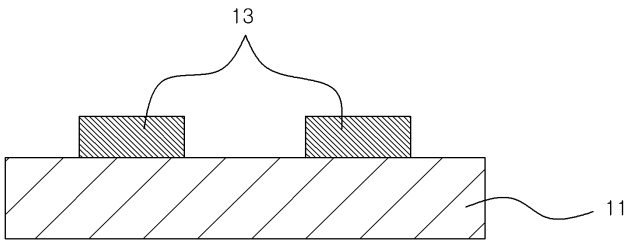
도면4



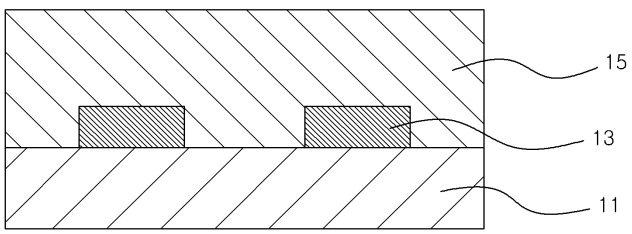
도면5



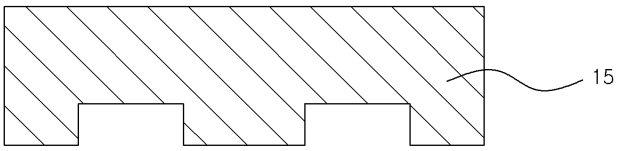
도면6



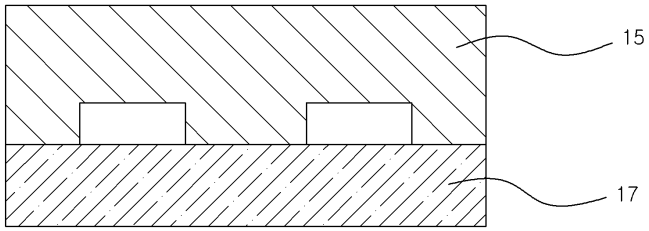
도면7



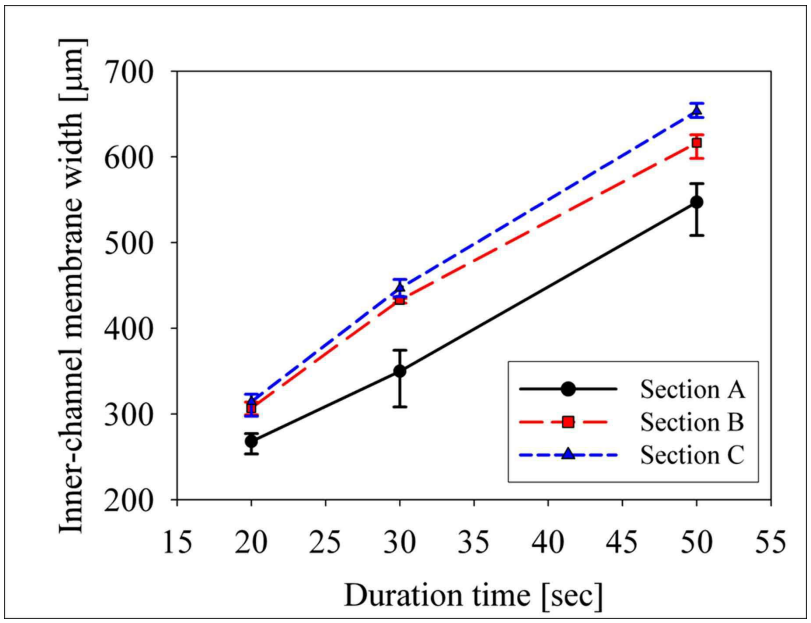
도면8


15

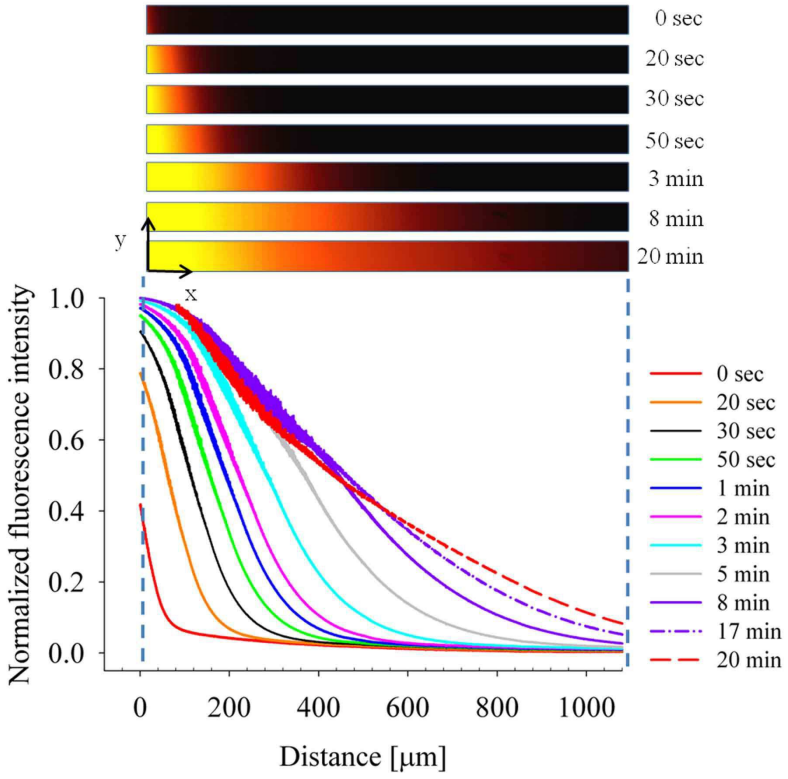
도면9


15
17

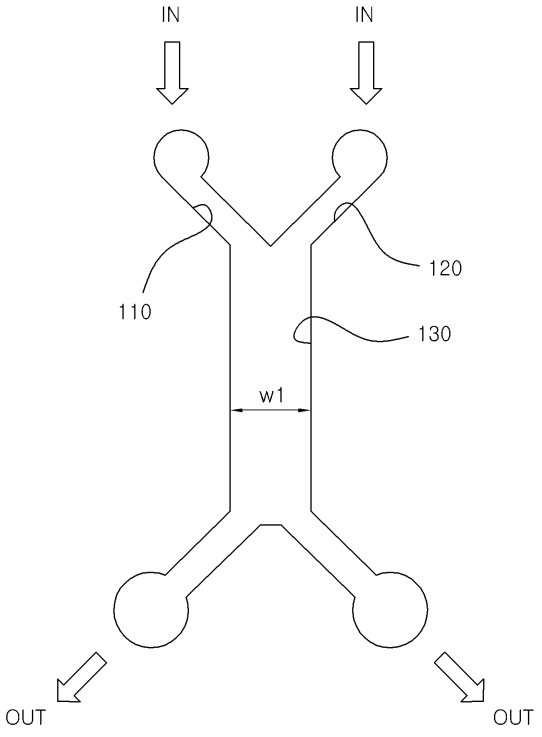
도면10


Inner-channel membrane width [μm]
700
600
500
400
300
200
15
20
25
30
35
40
45
50
55
Duration time [sec]
Section A
Section B
Section C

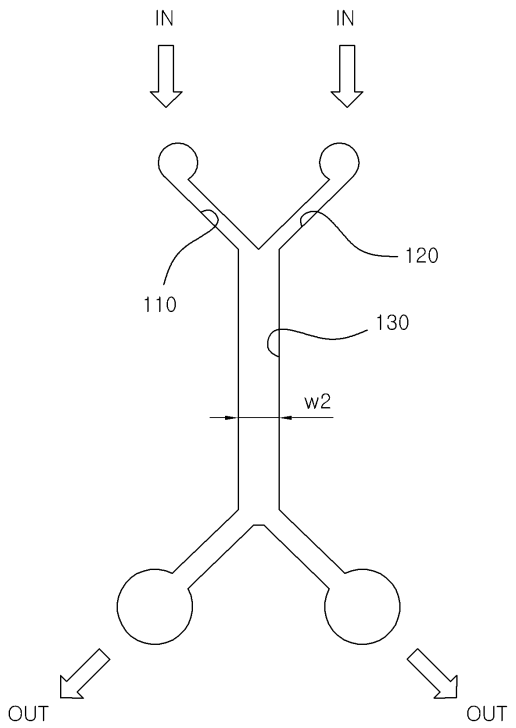
도면11


0 sec
20 sec
30 sec
50 sec
3 min
8 min
20 min
y
x
Normalized fluorescence intensity
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0
200
400
600
800
1000
Distance [μm]
0 sec
20 sec
30 sec
50 sec
1 min
2 min
3 min
5 min
8 min
17 min
20 min

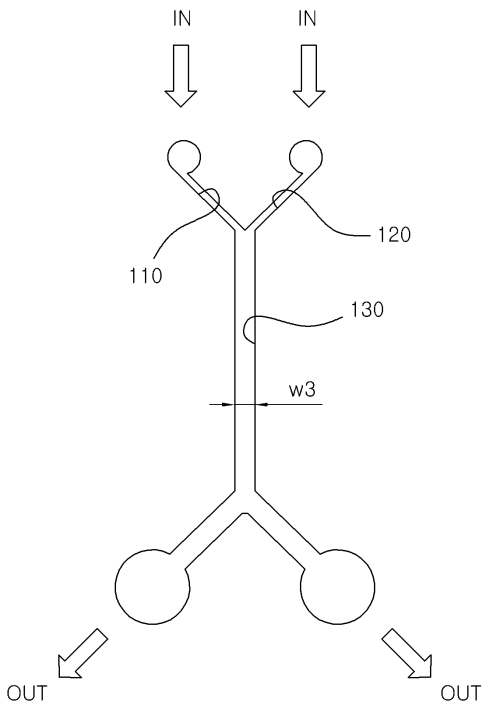
도면12


IN
IN
110
120
130
w1
OUT
OUT

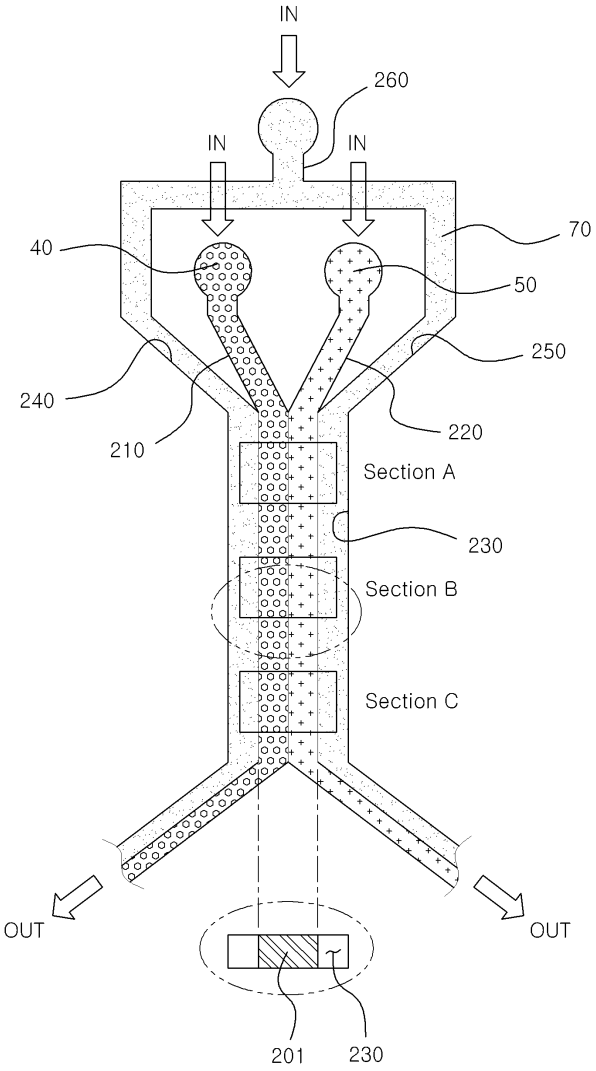
도면13



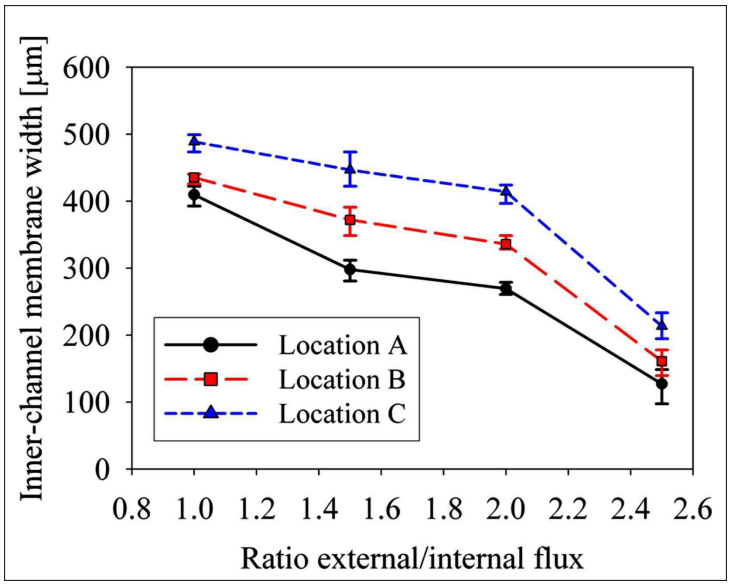
도면14



도면15


IN
260
IN
IN
70
40
50
250
240
220
210
Section A
230
Section B
Section C
OUT
OUT
201
230

도면16


Inner-channel membrane width [μm]
600
500
400
300
200
100
0
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
Ratio external/internal flux
Location A
Location B
Location C

도면17

