(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0087963
(43) 공개일자 2011년08월03일

(51) Int. Cl.
G01N 37/00 (2006.01) *G01N 35/08* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0007649
(22) 출원일자 2010년01월28일
심사청구일자 2010년01월28일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전 유성구 궁동 220 충남대학교
(72) 발명자
이창수
대전 서구 삼천동 청솔아파트 6-1106
황소라
대전광역시 유성구 궁동 220 충남대학교 바이오응용화학부
(74) 대리인
김원준

전체 청구항 수 : 총 6 항

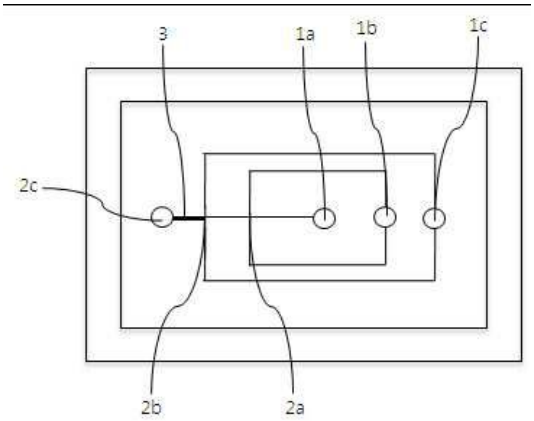
(54) 미세유체 칩 채널의 선택적 표면 개질방법 및 이를 이용하여 제조한 더블 이멀전 제조용 미세유체 칩

(57) 요 약

본 발명은 미세유체 칩 채널의 선택적 표면 개질방법 및 이를 이용하여 제조한 더블 이멀전 제조용 미세유체 칩에 관한 것으로, 보다 상세하게는 (A) 미세유체 칩의 채널에 트리알콕시실릴알킬 메타아크릴레이트 용액을 채우고 가열하여 소수성 표면을 갖도록 표면 개질하는 단계; 및 (B) 상기 (A) 단계에서 표면 개질된 미세유체 칩의 채널에 광개시제가 포함된 아크릴릭 산 용액을 채우고 친수성 표면을 원하는 영역에만 자외선을 조사하는 것에 의해 광중합하여 친수성 표면을 갖도록 표면 개질하는 단계;로 이루어지는 것을 특징으로 하는 미세유체 칩 채널의 표면 개질 방법에 관한 것이다.

본 발명의 방법에 의하면 보다 간단하고 온화한 조건으로 미세유체 칩의 채널의 젖음성(wettability)을 선택적으로 조절할 수 있으며, 보다 안정된 표면구조를 갖도록 표면을 개질할 수 있으며, 더블 이멀전, 더 나아가 멀티 이멀전을 효율적으로 제조할 수 있을 뿐 아니라 개개 액적의 크기와 구조를 용이하게 조절할 수 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

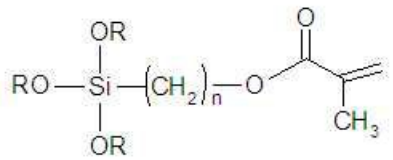
청구항 1

(A) 미세유체 칩의 채널에 하기 화학식 1의 트리알콕시실릴알킬 메타아크릴레이트 용액을 채우고 가열하여 소수성 표면을 갖도록 표면 개질하는 단계; 및

(B) 상기 (A) 단계에서 표면 개질된 미세유체 칩의 채널에 광개시제가 포함된 아크릴릭 산 용액을 채우고 친수성 표면을 원하는 영역에만 자외선을 조사하는 것에 의해 광중합하여 친수성 표면을 갖도록 표면 개질하는 단계;

로 이루어지는 것을 특징으로 하는 미세유체 칩 채널의 표면 개질 방법.

[화학식 1]



단, R=메틸, 에틸, 프로필 또는 부틸이며 n=1~4인 정수.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 (A) 및 (B)의 표면 개질 단계 이후에는 세척단계가 각각 추가로 포함되는 것을 특징으로 하는 미세유체 칩 채널의 표면 개질 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 (A) 단계의 트리알콕시실릴알킬 메타아크릴레이트 용액은 촉매량의 산을 포함하는 것을 특징으로 하는 미세유체 칩 채널의 표면 개질 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 (A) 단계에서 가열은 100~150℃에서 1~10분간 이루어지는 것을 특징으로 하는 미세유체 칩 채널의 표면 개질 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 (B) 단계의 광개시제는 IRGACURE 184, IRGACURE 2959, IRGACURE 500, IRGACURE 754, IRGACURE 651, IRGACURE 369, IRGACURE 907, IRGACURE 1300, IRGACURE 819, IRGACURE 819 DW, IRGACURE 2022, IRGACURE 2100, IRGACURE 784, IRGACURE 250, DAROCUR 1173, DAROCUR MBF, DAROCUR TPO 또는 DAROCUR 4265인 것을 특징으로 하는 미세유체 칩 채널의 표면 개질 방법.

청구항 6

세 개의 주입구와 두 개의 T-자형 접합점(T-junction) 및 하나의 배출구를 포함하는 미세 채널을 갖는 미세유체 칩에 있어서,

T-자형 접합점 간의 미세 채널과,

외곽의 T-자형 접합점과 배출구 간의 미세 채널 영역의 젖음성이 서로 상반되도록 제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항의 방법에 의해 표면 개질된 것을 특징으로 하는 더블 이멀전 제조용 미세유체 칩.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 미세유체 칩 채널의 선택적 표면 개질방법 및 이를 이용하여 제조한 더블 이멀전 제조용 미세유체 칩에 관한 것으로, 보다 상세하게는 보다 단순하고 온화한 조건에서 미세유체 칩의 채널을 소수성 표면과 친수성 표면을 갖는 영역으로 선택적으로 표면 개질하는 방법 및 상기 표면 개질 방법을 이용하여 크기와 구조가 일정한 더블 이멀전을 제조할 수 있는 미세유체 칩에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 더블 이멀전(doule emulsion)은 이멀전 액적 내부에 작은 액적을 포함하는 고도로 구조화된 유체이다. 더블 이멀전은 물 액적 내부에 오일 액적이 있는 경우(o/w/o)와 오일 액적 내부에 물 액적이 있는 경우(w/o/w)로 나눌 수 있으며, 소수성 분자와 친수성 분자를 모두 포괄(encapsulate)할 수 있으므로 산업 전반에 걸쳐 잠재적으로 상업적 가치를 갖는다. 그러나 일반적인 유화장치를 이용하여 두 번의 이멀전화 단계를 거쳐 제조되는 전통적인 방법으로는 더블 이멀전 하나 하나의 크기와 구조를 조절하는 것이 용이하지 않다.

[0003] 최근 들어 미세유체 칩을 이용하여 액적을 제조하는 경우 크기를 조절할 수 있다는 것에 착안하여 미세유체 칩을 이용하여 더블 이멀전을 제조하려는 연구가 이루어지고 있다. 더블 이멀전(double emulsion)을 얻기 위해서는 미세유체 칩의 채널을 일부 영역은 소수성 표면을 갖고, 일부 영역은 친수성 표면을 갖도록 선택적으로 표면 개질하여 젖음성(wettability)을 조절할 수 있어야 한다.

[0004] 종래기술에 의한 선택적 표면 개질 방법으로 졸겔 방법이 많이 쓰인다(Small, A. R. Abate et al., 2009, vol. 5, 2030-2032쪽). 졸겔 방법은 알콕시 실란과 알킬알콕시 실란을 산 존재 하에서 가수분해하여 유리와 같은 망상조직을 제조하는 졸겔법을 미세유체 칩 채널의 표면 개질에 응용한 것이다. 졸겔 방법에서는 1) 졸겔 코팅에 의한 소수성 표면 개질 단계 및 2) 광중합에 의한 친수성 표면 개질 단계에 의해 미세유체 칩의 채널을 선택적으로 표면 개질한다.

[0005] 먼저, 광개시제-실란(photoinitiator-silane) 및 트리플로로 에탄올을 추가로 함유하는 졸겔 혼합물을 미세유체 칩의 채널에 채워 졸겔 코팅을 한다. 졸겔 코팅에 의해 미세유체 칩의 채널 표면에서는 일차적으로 실란올기(Si-OH, silanol group)가 생성된다. 이후, 가열 조건(225℃, 15분)에서 반응이 진행됨에 따라 졸겔 혼합물에 함유된 트리플로로 에탄올과 축합하여 표면의 Si-OH가 $Si-CH_2CF_3$로 변환되어 fluorinated interface를 형성하기 때문에, 졸겔 코팅 결과 채널의 표면은 소수성을 나타내게 된다.

[0006] 이후 원하는 채널의 일정 범위를 선택적으로 친수성을 갖도록 표면 개질하기 위하여, 아크릴릭 산을 채널에 채우고 표면 개질을 원하는 범위에만 자외선을 조사한다. 자외선을 조사하면 졸겔 코팅과정에서 개질된 표면에 임베딩(embeding)된 광개시제-실란이 라디칼을 형성하여 아크릴릭 산의 중합을 개시시킨다. 이로 인해, 광개시제-실란과 공유 결합된 아크릴릭 산 중합체가 졸겔 코팅된 표면에 그라프트(graft)되어 표면이 폴리아크릴릭 산으로 덮이게 되므로 광중합에 의해 개질된 표면은 친수성을 나타낸다.

[0007] 상기 광중합 반응은 자외선이 조사되는 영역에서만 일어나므로, 전체적으로 소수성을 나타내는 채널의 선택적인 영역에 대해서만 친수성을 나타내도록 채널에 패턴을 형성시킬 수 있다.

[0008] 그러나 전술한 종래 기술의 졸겔 방법은 졸겔 코팅에 의해 개질되는 채널의 표면에 효율적으로 임베딩될 수 있

는 광개시제-실란을 별도로 고안하고 제조하여 사용해야 하므로 추가의 공정이 필요하다. 상기 광개시제-실란은 졸겔 코팅에 의해 개질된 표면에 안정하게 결합되어 있는 것이 아니라 임베딩되어 있는 상태이므로 코팅 안정성이 낮다. 이와 더불어, 졸겔 방법 자체가 채널의 토포그래피컬 (topographical) 구조에 영향을 받기 때문에 고온 반응에서 PDMS의 수축 등으로 인한 채널 코팅의 효율성이 떨어질 수 있다. 또한, 고온 반응 시 부피 변화에 의한 내부 압력의 증가로 인하여 쪼개짐 또는 갈라짐이 발생하기 쉬우므로 채널 표면에 포어 (pores)가 생기거나 채널의 사이드 벽면에 웨이비 패턴 (wavy pattern)이 형성되는 등 채널 표면이 매끈하게 코팅이 되지 않는다는 단점이 있다.

[0009] 이에 보다 온화한 조건에서 간단한 방법에 의해 미세유체 칩의 표면을 흠결없이 표면개질 할 수 있는 방법이 요구된다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0010] (비특허문헌 0001) small, A. R. Abate and D. A. Weitz, 2009, vol. 5, 2030-2032.

발명의 내용

해결하려는 과제

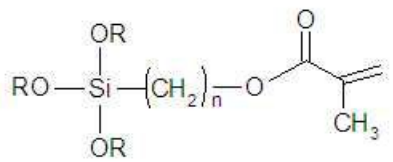
[0011] 본 발명은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여, 보다 간단한 공정으로 짧은 시간 내에 온화한 조건에서 미세유체 칩 채널의 젖음성(wettability)을 선택적으로 조절할 수 있는 표면 개질 방법을 제공하고자 하는 것을 목적으로 한다.

[0012] 또한 본 발명은 상기 표면 개질 방법에 의해 채널의 표면이 개질된 더블 이멀전 제조를 위한 미세유체 칩을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 (A) 미세유체 칩의 채널에 하기 화학식 1의 트리알콕시실릴알킬 메타아크릴레이트 용액을 채우고 가열하여 소수성 표면을 갖도록 표면 개질하는 단계; 및 (B) 상기 (A) 단계에서 표면 개질된 미세유체 칩의 채널에 광개시제가 포함된 아크릴릭 산 용액을 채우고 친수성 표면을 원하는 영역에만 자외선을 조사하는 것에 의해 광중합하여 친수성 표면을 갖도록 표면 개질하는 단계;로 이루어지는 것을 특징으로 하는 미세유체 칩 채널의 표면 개질 방법에 관한 것이다.

[0014] [화학식 1]



[0015]

[0016] 단, R=메틸, 에틸, 프로필 또는 부틸이며 n=1~4인 정수.

[0017] 상기 미세유체 칩은 유리, 석영 재질일 수도 있으나, 유리나 석영의 경우 미세유체 칩의 제작비용이 비싸고 공정 속도가 느리며, 부식제를 이용하여 미세 채널을 만드는 경우가 많아 위험할 뿐 아니라 쉽게 깨지기 때문에 다루기 어렵다. 따라서 소프트 리소그래피(soft lithography)에 의해 제작되는 PDMS (Polydimethylsiloxane) 재질인 것이 보다 바람직하다. 본 발명은 미세유체 칩 채널의 표면 개질 방법에 관한 것으로 미세유체 칩 자체

의 제작과정은 종래기술의 영역에 해당하므로 자세한 설명은 생략한다.

[0018] 먼저, 화학식 1의 트리알콕시실릴알킬 메타아크릴레이트를 미세유체 칩의 채널에 채우고 가열하여 반응시키면, 축합반응에 의해 미세유체 칩의 채널을 도 2에 도시된 것처럼 표면 개질 시킨다. 상기 표면 개질에 의해 채널의 표면은 알킬 메타아크릴레이트기로 덮이게 되므로 마이크로 칩의 기본적인 젖음성은 소수성을 나타낸다. 또한 메타아크릴레이트기는 (B)단계에 대한 설명에서 상세히 기술하는 바와 같이, 다음 표면 개질 단계에서 반응 사이트로 작용한다.

[0019] 화학식 1의 트리알콕시실릴알킬 메타아크릴레이트의 트리알콕시실릴 부분($(RO)_3Si$-)은 유리나 PDMS의 미세유체 칩의 채널 표면과 축합반응을 하는 반응기이다. 알콕시를 나타내는 R의 변화에 따라 축합반응 시 생성되는 알콜(ROH)의 종류만 변화할 뿐 동일한 반응 메카니즘에 의해 축합반응이 일어나는 것은 유기화학에서 널리 알려진 것으로 본 발명에서 표면 개질 시의 반응이나, 개질된 표면의 성질에 영향을 미치는 것이 아니다.

[0020] 한편, 트리알콕시실릴알킬 메타아크릴레이트의 알킬(-(CH_2)n-)은 실릴기와 메타아크릴레이트기의 링커로 역할을 한다. 메타아크릴레이트기는 개질된 표면에서 소수성을 나타냄과 동시에 이후 표면 개질 단계인 (B)단계에서 반응 사이트로서의 역할을 한다. 따라서, n=1~4의 화합물은 단순히 링커의 길이 차이가 있을 뿐이므로 동일한 반응에 의해 표면 개질됨은 물론, 개질된 표면의 성질 또한 동일함은 당연하다. 본 발명에서는 n을 1~4인 정수로 한정하였으나, 이는 사용 시약의 입수 가능성과 경제성, 용해도 등을 고려한 것으로, n의 값이 5 이상이 된다고 하더라도 문제가 있는 것은 아니다.

[0021] 하기 실시예에서는 화학식 1의 화합물 중 트리메톡시프로필 메타아크릴레이트(R=메틸, n=3)에 대한 실험 결과만을 예시하였으나, 이상에서 설명한 바와 같이, 화학식 1의 화합물을 동일한 반응에 의해 동일한 원리로 본 발명에 따른 표면 개질에 사용할 수 있음은 당연하다.

[0022] 상기 트리알콕시실릴알킬 메타크릴레이트 용액은 3~20%(v/v)의 트리알콕시실릴알킬 메타크릴레이트를 포함하는 것이 바람직하다. 농도가 너무 낮을 경우에는 채널의 표면을 개질시킬 수 있을 만큼 충분히 광중합되지 않으며, 농도가 너무 높은 경우에는 채널 내에 엉길 우려가 있다. 상기 용액의 용매로는 트리알콕시실릴알킬 메타크릴레이트에 대한 용해도가 우수한 메탄올, 에탄올 또는 프로판올과 같은 저급 알콜을 용매로 사용하는 것이 바람직하다.

[0023] 이때, 상기 트리알콕시실릴알킬 메타아크릴레이트 용액이 촉매량의 산을 포함하는 경우 축합반응이 보다 효율적으로 일어나 표면 개질 효율을 높일 수 있다. 상기 산으로는 통상적으로 축합반응의 촉매로 이용될 수 있는 산이라면 유기산이나 무기산 어떤 것이라도 무관하며, 초산, 염산, 황산, p-톨루엔 설폰산 등을 사용할 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.

[0024] 상기 표면 개질을 위해서는 미세유체 칩을 100~150℃에서 1~10분간 가열하는 것이 바람직하다. 표면 개질 시의 온도가 너무 낮으면 축합 반응 속도가 낮아지므로 표면 개질이 충분히 이루어지지 못하며, 온도가 너무 높은 경우 표면 개질의 효율에 영향을 미치는 것은 아니나 미세유체 칩의 안정성에 좋지 못한 영향을 미칠 수 있으므로 150℃보다 높은 온도는 바람직하지 못하다. 가열 시간은 온도에 따라 적절히 조절되어야 하는 것은 당연하다.

[0025] 상기 (A) 단계에서 소수성을 나타내도록 표면 개질된 채널에 광개시제가 함유된 아크릴릭 산 용액을 채우고 자외선을 조사하면 광중합 반응이 일어난다. 즉, 자외선 조사에 의해 광개시제는 라디칼을 생성하여, 채널 표면의 메타아크릴레이트와 아크릴릭산(acrylic acid)의 중합을 개시시킨다.

[0026] 상기 광개시제는 아크릴릭 산의 광중합 시 사용될 수 있는 것이라면 어떤 것이든 무관하며, IRGACURE 184, IRGACURE 2959, IRGACURE 500, IRGACURE 754, IRGACURE 651, IRGACURE 369, IRGACURE 907, IRGACURE 1300, IRGACURE 819, IRGACURE 819 DW, IRGACURE 2022, IRGACURE 2100, IRGACURE 784, IRGACURE 250, DAROCUR 1173, DAROCUR MBF, DAROCUR TPO, DAROCUR 4265 등을 예로 들 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.

[0027] 상기 아크릴릭 산 용액은 30~50%(v/v)의 아크릴릭 산을 포함하는 것이 바람직하다. 아크릴릭 산의 농도가 너무 낮을 경우에는 채널의 표면을 개질시킬 수 있을 만큼 충분히 광중합되지 않으며, 농도가 너무 높은 경우에는 광중합이 너무 과도하게 일어나 채널 내에 엉길 우려가 있다. 물을 용매로 사용하는 경우 (A) 단계의 표면 개질에 의한 소수성 표면에 젖음성이 충분하지 않으므로 광중합에 의한 표면 개질 효율이 저하될 수 있다. 따라서, 아크릴릭 산에 대한 용해도가 높고 소수성 채널에 젖음성이 우수한 에탄올 또는 프로판올과 같은 저급 알콜을 용

매로 사용하는 것이 바람직하다.

[0028] 광중합에 의해 미세유체 칩의 채널의 표면은 도 3과 같이 폴리아크릴릭 산으로 코팅되며, 상기 폴리아크릴릭 산의 카르복실기가 채널의 표면에 노출되게 되므로 친수성을 나타내게 된다. 이때, 자외선이 조사되는 영역에서만 광중합 반응이 일어나므로 자외선이 조사되는 영역을 한정하는 것에 의해 미세유체 칩의 채널의 표면을 친수성으로 선택적으로 개질할 수 있다.

[0029] 종래 기술의 졸겔 방법에서의 친수성 표면 개질이 채널의 표면에 임베딩된 광개시제-실란과 폴리아크릴릭 산의 공유결합에 의한 것에 반해, 본 발명에서는 채널의 표면에 결합되어 있는 메타아크릴레이트와 폴리아크릴릭 산의 공유결합에 의한 것이다. 따라서, 종래 기술의 표면 개질에 비해 코팅 안정성과 내구성이 증가된 미세유체 칩의 채널을 제공할 수 있다.

[0030] (A)의 단계에서 표면에 코팅되고 남은 트리알콕시알킬 메타아크릴레이트가 채널 내에 잔류하는 경우, 다음의 광중합 반응에서 모노머로 반응하여 표면에 카르복실기가 아닌 에스테르기를 형성하므로 소수성의 원인이 될 수 있다. (B) 단계에서는 메타아크릴레이트와 공중합되지 않은 상태의 광중합된 폴리아크릴릭 산이 채널 내에 잔류할 수 있다. 따라서, 상기 (A) 및 (B)의 표면 개질 단계 이후에는 세척 단계가 각각 추가로 포함되는 것이 바람직하다. 상기 세척 용매로는 각 표면 개질 시에 용매로 사용한 것과 동일한 용매를 사용하는 것이 좋다.

[0031] 본 발명은 또한 상기의 표면 개질 방법을 이용한 더블 이멀전 제조용 미세유체 칩에 관한 것이다. 보다 구체적으로 도 1과 같은 세 개의 주입구와 두 개의 T-자형 접합점(T-junction) 및 하나의 배출구를 포함하는 미세 채널을 갖는 미세유체 칩에 있어서, T-자형 접합점 간의 미세 채널과, 외곽의 T-자형 접합점과 배출구 간의 미세 채널 영역의 젖음성이 서로 상반되도록 상기 표면 개질 방법에 의해 표면 개질된 더블 이멀전 제조용 미세유체 칩을 제공한다.

[0032] 실시예에서와 같이, 상기 T-자형 접합점 간의 미세 채널이 소수성이고, 외곽의 T-자형 접합점(2b)과 배출구 간의 미세 채널 영역(3)이 친수성으로 표면 개질된 미세유체 칩에 의하면, w/o/w 더블 이멀전 액적을 제조할 수 있다. 도 6은 본 발명의 실시예에 의해 제조된 w/o/w 더블 이멀전의 현미경 사진으로, 일정한 크기와 형상으로 더블 이멀전이 제조된 것을 보여준다.

[0033] 실시예에는 기재하지 않았으나 반대로, 상기 T-자형 접합점 간의 미세 채널을 친수성으로, 상기 미세 채널 영역(3)을 소수성으로 표면 개질한 미세유체 칩에 의하면, o/w/o 더블 이멀전 액적을 제조할 수 있다.

발명의 효과

[0034] 이상과 같이 본 발명의 방법에 의하면 보다 간단하고 온화한 조건으로 미세유체 칩의 채널의 젖음성(wettability)을 선택적으로 조절할 수 있으며, 보다 안정된 표면구조를 갖도록 표면을 개질할 수 있다.

[0035] 본 발명의 표면 개질 방법에 의하면 더블 이멀전, 더 나아가 멀티 이멀전을 효율적으로 제조할 수 있을 뿐 아니라 개개 액적의 크기와 구조를 용이하게 조절할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0036] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 더블 이멀전 제조용 미세유체 칩의 단면도.

도 2는 본 발명에 의한 미세유체 칩에서, TPM 코팅에 의해 미세유체 칩의 채널 표면에 생성된 작용기를 보여주는 모식도.

도 3은 본 발명에 의한 미세유체 칩에서, 아크릴릭 산 광중합에 의해 미세유로의 표면에 생성된 작용기를 보여주는 모식도.

도 4는 본 발명의 실시예에서 분산상(1a)과 연속상(1b)이 T-junction (2a)에서 만나 액적이 생성되는 것을 보여주는 현미경 사진.

도 5는 본 발명의 실시예에서 T-junction(2a)에서 생성된 액적과 연속상(1c)이 T-junction(2b)에서 만나 더블 이멀전이 생성되는 것을 보여주는 현미경 사진.

도 6은 본 발명의 실시예에서 배출구(2c)로 배출된 더블 이멀전들을 모아서 찍은 현미경 사진.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 이하에서는 첨부도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세하게 설명한다. 그러나 이러한 도면과 실시예는 본 발명의 기술적 사상의 내용과 범위를 쉽게 설명하기 위한 예시일 뿐, 이에 의해 본 발명의 기술적 범위가 한정되거나 변경되는 것은 아니다. 또한 이러한 예시에 기초하여 본 발명의 기술적 사상의 범위 안에서 다양한 변형과 변경이 가능함은 당업자에게는 당연할 것이다.

[0038] **실시예**

[0039] **실시예 1 : 미세유체칩의 선택적 표면 개질**

[0040] **1) 미세유체칩의 제작**

[0041] 미세유체 칩은 도 1과 같이 세개의 주입구(1a, 1b, 1c)와 두개의 T-juction(2a, 2b) 및 하나의 배출구(2c)를 갖는 미세유로를 갖도록 고안되었다. 실리콘 웨이퍼 위에 네가티브형 감광제(SU-8, Microchem Co., USA)를 고르게 도포한 후, 1,000rpm으로 스핀 코팅하여 100 ㎛ 높이의 감광제를 올려주었다. 폭이 200 ㎛인 미세유로 형상이 있는 마스크를 통해 UV를 조사하여 채널과 반대 형상을 갖는 마스터 몰드를 제작하였다. 이후, PDMS(Sylgard 184; Dow Corning, Midland, MI)를 제작된 마스터 몰드에 부어준 후 65℃에서 4시간 경화시켜 원하는 형상의 미세유로를 가진 PDMS 몰드를 제작하였다. 이렇게 만들어진 PDMS 몰드에 유리 기판을 산소 플라즈마 처리를 통해 붙여 미세유체 칩을 제작하였다.

[0042] **2) 미세유체 칩 채널의 소수성 표면개질**

[0043] TPM(3-(trimethoxysilyl)propyl methacrylate) 코팅을 위하여 먼저 3%(v/v) TPM을 0.1%(v/v) 초산이 혼합된 95% 에탄올에 혼합하여 TPM 용액을 제조하였다. 1)에서 제작한 미세유체 칩의 배출구(2c)를 통하여 상기 TPM 용액을 주입하고 120℃로 5분간 가열하여 반응시켜 표면 개질시켰다. 이후, 배출구(2c)를 통하여 에탄올을 주입하여 미세유로를 세척하였다.

[0044] **3) 미세유체 칩 채널의 친수성 표면개질**

[0045] 2)에서 채널이 TPM 코팅된 미세유체 칩의 배출구(2c)에, 5%(v/v) darocur 1173(Ciba AG CH-4002 Basel, Switzerland)과 40%(v/v) 아크릴릭 산을 함유하는 95% 에탄올 용액을 주입하였다. 이후 미세유체 칩의 채널 중 미세유로(3) 부분에만 선택적으로 330~380 nm 파장의 자외선을 조사하여 미세유로(3) 부분에서만 광중합에 의한 선택적 표면 개질이 일어나도록 하였다. 반응이 완료되면 배출구(2c)를 통하여 에탄올을 주입하여 미세유로를 세척하였다.

[0046] **실시예 2 : 미세유체 칩을 이용한 더블 이멀전의 제조**

[0047] 상기 실시예 1에서 제작한 미세유체 칩의 세 개의 주입구에 구멍을 통해 타이곤튜브(Tygon tube)를 삽입하고, 각각의 튜브에는 마이크로시린지(Norm-Ject, Germany)를 연결하여 각각 시린지 펌프(Harvard Apparatus, USA)를 사용하여 해당 용액을 미세유로로 펌핑할 수 있도록 하였다.

[0048] 먼저 연속상 주입구(1b)에 1%(v/v) span 80을 함유하는 헥사데칸(hexadecane)을 0.7 ㎕/min의 속도로 주입하였다. 분산상 주입구(1a)에는 0.5%(v/v) SDS(Sodium dodecyl sulfate) 수용액을 0.2 ㎕/min의 속도로 주입한 다음에, 연속상 주입구 (1c)에 0.5%(v/v) SDS 수용액을 5 ㎕/min의 속도로 주입하였다.

[0049] 미세유체 칩 내에서 각 유체의 흐름이 안정적이 되면 T-junction 2a 및 2b의 현미경 사진(NIKON, TE2000-U,

Japan)을 찍어 더블 이멀전의 생성과정을 확인하고 도 4 및 도 5에 각각 도시하였다. 도 6은 배출구(2c)를 통해 배출된 더블 이멀전의 현미경 사진이다.

[0050] 도 4는 상기 연속상 주입구 (1b)로 주입된 연속상인 1% span 80 용액과 모노머인 0.5% SDS 수용액이 만나는 T-junction(2a)에서 두 상(phase)이 서로 섞이지 않는 성질로 인해 o/w(oil in water) 액적이 생성되는 것을 보여준다. 도 3을 참조하면 이렇게 생성된 액적은 두번째 T-junction(2b)에서 연속상 주입구(1c)로 주입된 0.5% SDS 수용액을 만나며, 상기와 마찬가지로 서로 섞이지 않는 성질로 인해 w/o/w(water in oil in water) 더블 이멀전이 생성되는 것을 확인할 수 있다. T-juction(2b)에서 생성된 더블 이멀전은 미세유로(3)를 지나 배출구(2c)를 통해 배출된다. 도 6에서 확인할 수 있듯이, 본 발명의 장치에 의해 그 크기와 구조가 매우 일정한 더블 이멀전을 제조할 수 있었다.

부호의 설명

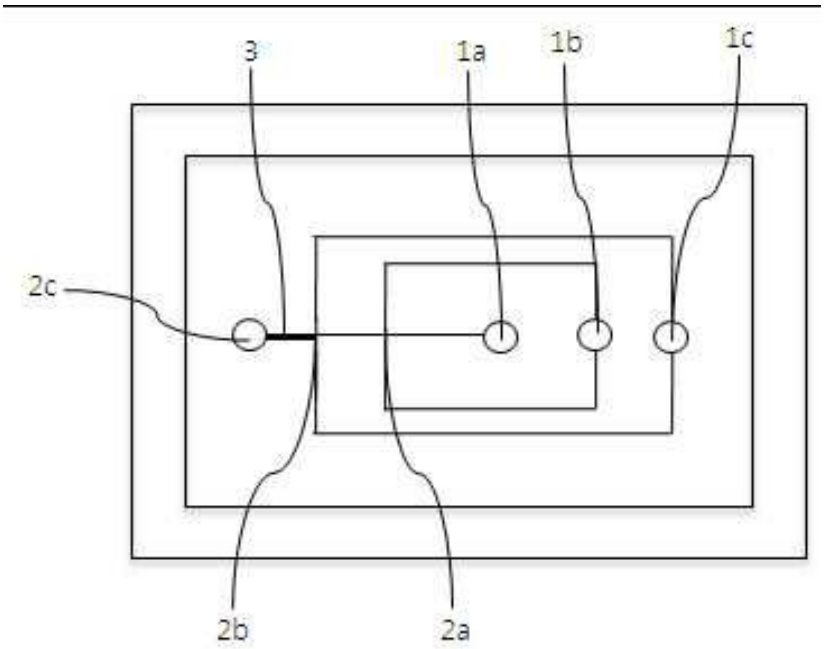
[0051] 1a : 분산상 주입구 1b, 1c : 연속상 주입구

2a, 2b : T-junction 2c : 배출구

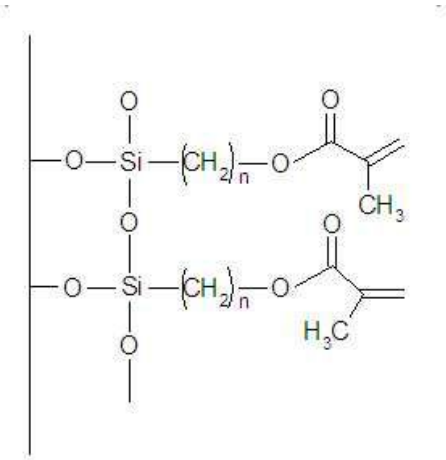
3 : 미세 유로

도면

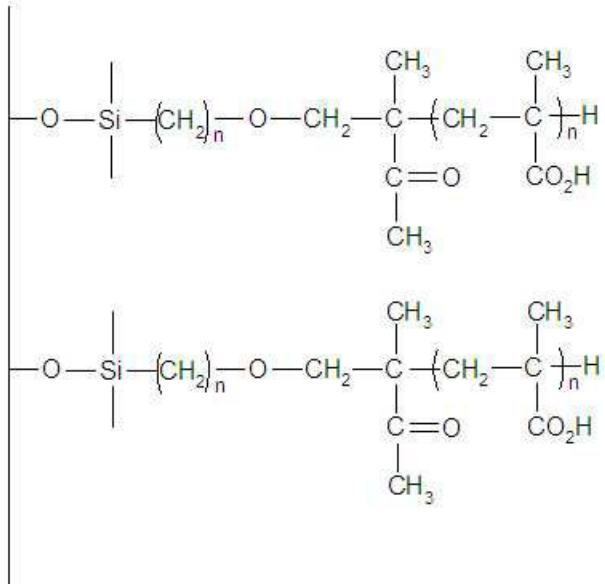
도면1



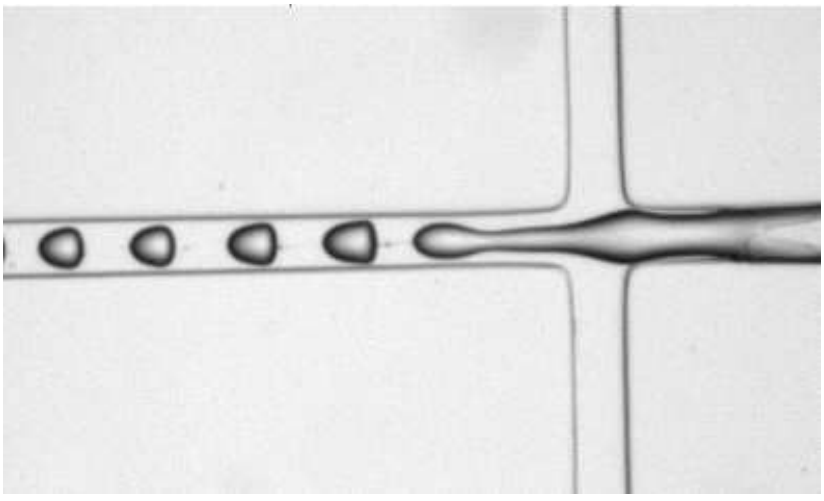
도면2



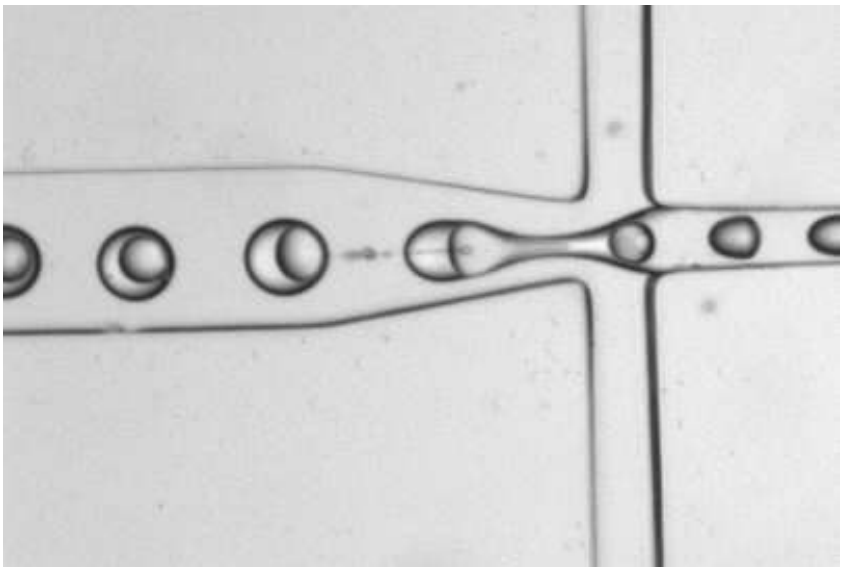
도면3



도면4



도면5



도면6

