

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2013-0125501 (43) 공개일자 2013년11월19일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) C12M 3/02 (2006.01) C12N 5/07 (2010.01) C12M 1/22 (2006.01) C12M 1/18 (2006.01) (21) 출원번호 10-2012-0049057 (22) 출원일자 2012년05월09일 심사청구일자 2012년05월09일	(71) 출원인 경희대학교 산학협력단 경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 내 (서천동, 경희대학교) (72) 발명자 이원구 경기도 수원시 영통구 영통동 황골마을아파트 13 6동 1402호 박용 경기도 성남시 분당구 분당동 셋별라이프아파트 105동 402호 (74) 대리인 김정대	

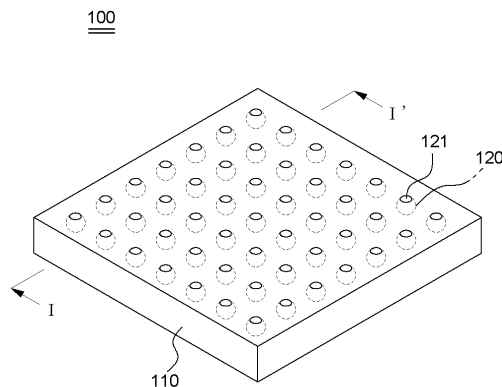
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 PDMS 구조체, 이를 이용한 세포 배양기 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명에서는 PDMS 구조체와 이를 이용한 세포 배양기 및 그 제조방법이 개시된다. 상기 PDMS 구조체는: 폴리디메틸실록산(PDMS, Polydimethylsiloxane) 재질을 갖는 고형 몸체; 그리고 상기 고형 몸체에 형성되는 타원체형 또는 구형의 공동을 포함하여 구성된다. 그리고 상기 PDMS 구조체의 제조방법은 폴리디메틸실록산으로 제조되는 고형 몸체에 공동을 형성하기 위하여, 상기 폴리디메틸실록산에 비상용성의 액적(Droplet)을 상기 폴리디메틸실록산에 공급하는 액적공급단계; 그리고 상기 액적이 차지하는 공간에 의해 상기 고형 몸체에 상기 공동이 형성되도록, 상기 폴리디메틸실록산을 경화시켜서 상기 고형 몸체를 형성하는 경화단계를 포함하여 이루어진다. 본 발명에 따르면, 체내에서 세포가 존재하는 환경의 재현하여 실험할 수 있는 세포 배양기가 구현될 수 있으며, 입구가 내부 공간보다 좁은 공동, 예를 들면 구형이나 타원체형의 공동에 수용되는 배양액의 양이 증가될 수 있고, 구형 공동을 갖는 PDMS 구조체의 제조가 용이해 진다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

폴리디메틸실록산(PDMS, Polydimethylsiloxane) 재질을 갖는 고휘 몸체; 그리고
상기 고휘 몸체에 형성되는 타원체형 또는 구형의 공동을 포함하여 구성되는 세포 배양기.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 공동은 상기 고휘 몸체에 어레이 형태로 복수개가 형성되는 것을 특징으로 하는 세포 배양기.

청구항 3

폴리디메틸실록산(PDMS, Polydimethylsiloxane) 재질을 갖는 고휘 몸체; 그리고
상기 고휘 몸체의 표면에 형성되는 입구를 가지며, 상기 입구의 내측이 확장되는 형상을 갖는 공동을 포함하여
구성되는 PDMS 구조체.

청구항 4

제3항에 있어서,
상기 공동은 상기 고휘 몸체에 어레이 형태로 복수개가 형성되는 것을 특징으로 하는 PDMS 구조체.

청구항 5

제3항 또는 제4항에 있어서,
상기 공동은 타원체형 또는 구형인 것을 특징으로 하는 PDMS 구조체.

청구항 6

폴리디메틸실록산으로 제조되는 고휘 몸체에 공동을 형성하기 위하여, 상기 폴리디메틸실록산에 비상용성의 액
적(Droplet)을 공급하는 액적공급단계; 그리고
상기 액적이 차지하는 공간에 의해 상기 고휘 몸체에 상기 공동이 형성되도록, 상기 폴리디메틸실록산을 경화시
켜서 상기 고휘 몸체를 형성하는 경화단계를 포함하여 이루어지는 PDMS 구조체 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서,
상기 경화단계 이후에 액체 상태의 상기 액적을 상기 고휘 몸체에서 제거하는 액적제거단계를 더 포함하여 이루
어지는 PDMS 구조체 제조방법.

청구항 8

제7항에 있어서,
상기 액적제거단계는 상기 고휘 몸체의 표면에 형성되는 상기 공동의 입구를 통해 상기 액적을 제거하는 PDMS
구조체 제조방법.

청구항 9

제6항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 액적공급단계는 상기 액적으로서 물과 에탄올을 혼합한 에탄올 혼합액을 상기 폴리디메틸실록산에 공급하
는 PDMS 구조체 제조방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 에탄올 혼합액은 70% 내지 100% 에탄올인 것을 특징으로 하는 PDMS 구조체 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 폴리디메틸실록산으로 제조되는 PDMS 구조체와 줄기 세포나 신경세포 등의 세포나 미생물이나 세균 등을 배양하는데 사용되는 배양기구 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 폴리디메틸실록산의 경화에 의해 형성되며 입구가 내부 공간보다 좁은 공동, 예를 들면 일측이 뚫린 구형이나 타원체형의 공동을 갖는 PDMS 구조체 및 이를 이용한 세포 배양기와 그 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane, 이하, 'PDMS'라 약칭함)은 생물학적, 화학적 실험을 위한 구조체의 재료 등 다양한 용도로 사용되는 물질로서, 상기 PDMS를 재료로 제조되는 PDMS 구조체는 세포 배양기로 적용되고 있다.

[0003] 상기 PDMS는 탄소-산소-수소-규소 화합물로서, 생체조직과 유사한 정도의 유연성을 가지므로 생체 적합성, 수분 및 공기에 대한 투과성이 우수하여, 세포 배양기 등과 같이 생물학적, 화학적 실험을 위한 기구, 예를 들면 바이오 칩이나 뉴런 칩 기타 세포칩 등의 재료로 사용되고 있다.

[0004] 세포 배양 환경을 생각해 볼 때, 세포는 본래 체내에서 3차원 공간으로 존재하기 때문에 기존의 실험실에서 사용되는 2차원 배양 환경으로는 상기 세포가 존재하는 환경을 재현하여 실험하기가 어려우므로 3차원 배양 환경이 요구된다.

[0005] 다시 말해서, 세포실험에서 상기 PDMS 구조체가 3차원 배양 환경을 제공하면 기존의 2차원 환경보다 더 향상된 배양 환경을 구축할 수 있다. 이러한 3차원 배양 환경을 제공하는 PDMS 구조체, 즉 3차원 PDMS 구조체의 제조는 미소 구조체 제조기술, 즉 미소공정기술에 의해 수행되었는데, 상기 미소공정기술로서 포토리소그래피(Photolithography)가 적용되고 있다.

[0006] 그러나, 상기 포토리소그래피는 매우 고가의 장비를 사용하기 때문에 제작 단가가 비싸다는 단점을 가지고 있다. 또한 상기 포토리소그래피는 평평한 면에 빛을 쬌어 평면에 패턴을 형성하는 방법을 이용하기 때문에 평평하지 않는 구조체, 예를 들면 곡면의 패턴을 갖는 구조체를 제작하기에는 어려움이 있으며, 제조공정에서 유독한 화학물질을 사용하므로 그 결과물을 생물학분야의 실험에 사용하기 어렵고 환경오염을 유발하고 작업자가 유해 환경에 노출되는 문제가 있다.

[0007] 그리고 상기 포토리소그래피와 함께 벌크 마이크로머시닝 기법이 사용되거나 상기 포토리소그래피의 대체 기술로 소프트리소그래피 기술이 사용되고 있다. 상기 소프트리소그래피는 포토리소그래피와 다르게 폴리디메틸실록산을 사용해서 틀을 만들어 계속 찍어내는 방법이다.

[0008] 그러나, 상기 소프트리소그래피 기술은 대부분 포토리소그래피의 방식을 통해 틀을 제작하는 방식으로 발전하였다. 그렇기 때문에 상기 소프트리소그래피에서도 유독한 화학물질이 여전히 사용되므로 상기 포토리소그래피와 동일한 문제가 존재한다. 이를 개선하기 위해 상기 포토리소그래피 방식의 틀을 만들지 않고 다른 방법으로 틀을 만드는 방법들이 제안되고 있지만 제조방법이 까다롭고 여러 가지 재료를 요구하게 되므로 고가의 비용이 소요되는 등 많은 어려움을 가지고 있다.

[0009] 한편, 구형 공동(Spherical Hollow or Spherical Cavity)이 형성되어 있는 PDMS 구조체가 가지는 의의를 생물학적 측면에서 보면, 세포실험에서 기존의 2차원 환경보다 더 우수한 배양 환경을 구축할 수 있다는 것이다. 따라서 본 발명자는 세포 배양실험에서 3차원적 배양 환경을 제공할 수 있으며, 특히 입구가 내부 공간보다 좁은 공동, 예를 들어 구형이나 타원체형의 공동을 갖는 PDMS 구조체 및 그 제조방법을 개발하게 되었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2011-0080136호, 연세대학교 산학협력단, 3차원 구조체를 이용한 뉴런 칩 및 그 뉴런 칩에서의 신경세포 패터닝방법, 2011년 7월 12일 공개
- (특허문헌 0002) 대한민국 공개특허공보 제10-2011-0018798호, 한양대학교 산학협력단, 미세유체 세포칩, 이를 이용한 세포사멸 정량 분석법 및 세포영상분석장치
- (특허문헌 0003) 대한민국 공개특허공보 제10-2007-0018798호, 서울대학교 산학협력단, 바이오칩 제조방법

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 세포 배양실험에서 3차원적 배양 환경을 제공할 수 있으며, 특히 입구가 내부 공간보다 좁은 공동, 예를 들어 일측이 개구(Open)된 구형이나 타원체형의 공동을 갖는 PDMS 구조체 및 그 제조방법을 제공하는 데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상술한 목적을 해결하기 위하여, 본 발명은: 폴리디메틸실록산(PDMS, Polydimethylsiloxane) 재질을 갖는 고품체; 그리고 상기 고품체에 형성되는 타원체형 또는 구형의 공동을 포함하여 구성되는 PDMS 구조체와 이를 이용한 세포 배양기를 제공한다.
- [0013] 상기 공동은 상기 고품체에 어레이 형태로 복수개가 형성되는 것을 특징으로 한다. 여기서 상기 공동은 상기 고품체의 표면에 형성되는 입구를 갖는다.
- [0014] 다른 일 형태로서, 본 발명은: 폴리디메틸실록산으로 제조되는 고품체에 공동을 형성하기 위하여, 상기 폴리디메틸실록산에 비상용성의 액적(Droplet)을 상기 폴리디메틸실록산에 공급하는 액적공급단계; 그리고 상기 액적이 차지하는 공간에 의해 상기 고품체에 상기 공동이 형성되도록, 상기 폴리디메틸실록산을 경화시켜서 상기 고품체를 형성하는 경화단계를 포함하여 이루어지는 PDMS 구조체 제조방법을 제공한다.
- [0015] 상기 경화단계 이후에 액체 상태의 상기 액적을 상기 고품체에서 제거하는 액적제거단계를 더 포함하여 이루어진다. 상기 액적제거단계에서 상기 고품체의 표면에 형성되는 상기 공동의 입구를 통해 상기 액적이 제거될 수도 있다.
- [0016] 그리고, 상기 액적공급단계는 상기 액적으로서 물과 에탄올을 혼합한 에탄올 혼합액을 상기 폴리디메틸실록산에 공급하나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0017] 상기 에탄올 혼합액은 70% 내지 100% 에탄올, 보다 바람직하게는 75% 내지 85% 에탄올인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명에 따른 PDMS 구조체, 이를 이용한 세포 배양기 및 그 제조방법에 의하면 다음과 같은 효과가 있다.
- [0019] 첫째, 본 발명에 따르면, 체내에서 세포가 존재하는 환경의 재현하여 실험할 수 있는 세포 배양기가 구현될 수 있으며, 입구가 내부 공간보다 좁은 공동, 예를 들면 구형이나 타원체형의 공동에 수용되는 배양액의 양이 증가될 수 있다.
- [0020] 둘째, 본 발명에 따르면, 기존의 줄기세포 연구를 위한 3차원 배양환경을 생체모방할 수 있고, 상기 공동이 어레이 형태로 배열된 세포 배양기를 사용하여 세포배양 환경의 네트워크를 생체 모방할 수도 있다.
- [0021] 셋째, 본 발명에 따르면 유독한 화학물질을 사용하지 않고도 방울 형태의 공동이 형성된 PDMS 구조체를 제조할 수 있으므로, PDMS 구조체의 제조가 쉽고 제조비용이 절감되는 동시에 생물학적/화학적 실험환경, 예를 들면 세포 배양환경이 크게 개선될 수 있다.
- [0022] 넷째, 본 발명에 따르면, 액적의 밀도를 조절하여 공동이 어레이 형태로 배열된 구조의 PDMS 구조체를 제조할 수 있고 액적의 부피를 조절하여 공동의 크기 및 입구의 크기를 조절할 수 있으므로, 다양한 형태와 구조의 PDMS 구조체가 간단하고 쉬운 방법으로 그리고 저비용으로 구현될 수 있다.
- [0023] 다섯째, 본 발명에 따른 PDMS 구조물은 생물학적 및/또는 화학적 실험을 위한 기구 이외에도 구형이나 타원체형

의 구조체, 예를 들면 렌즈를 제조하기 위한 몰드로 적용될 수도 있다.

도면의 간단한 설명

[0024]

도 1은 본 발명에 따른 PDMS 구조체의 일 실시예를 나타낸 사시도이다.

도 2는 도 1의 I-I선에 따른 단면도이다.

도 3은 본 발명에 따른 PDMS 구조체의 다른 실시예를 나타낸 단면도이다.

도 4는 본 발명에 따른 PDMS 구조체의 제조방법에 대한 일 실시예를 나타낸 순서도이다.

도 5는 도 4의 순서도에 따른 PDMS 구조체 제조과정의 구체적인 예를 나타낸 도면이다.

도 6은 액적의 구조를 나타낸 단면도이다.

도 7은 물-에탄올의 혼합물에 따른 액적의 형상변화를 나타낸 단면도와 그래프이다.

도 8은 액적의 부피에 대한 액적의 크기 변화를 나타낸 단면도와 액적의 부피변화에 따른 액적의 입구 직경 변화를 개략적으로 나타낸 그래프이다.

도 9는 본 발명에 따른 PDMS 구조체의 제조방법에서 액적의 수가 7일 때 에탄올 농도에 대한 액적의 이동을 나타낸 사진이다.

도 10은 본 발명에 따른 PDMS 구조체의 제조방법에서 액적의 수가 19일 때 에탄올 농도에 대한 액적의 이동을 나타낸 사진이다.

도 11은 에탄올 농도에 대한 액적의 이동도(Mobility)를 나타낸 그래프이다.

도 12는 80% 에탄올의 액적을 사용하는 경우 액적 어레이가 형성된 부분의 평면사진과 바닥사진이다.

도 13은 본 발명에 따른 PDMS 구조체의 다른 실시예를 나타낸 평면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025]

이하 본 발명의 목적이 구체적으로 실현될 수 있는 본 발명의 바람직한 실시예가 첨부된 도면을 참조하여 설명된다. 본 실시예를 설명함에 있어서, 동일 구성에 대해서는 동일 명칭 및 동일 부호가 사용되며 이에 따른 부가적인 설명은 하기에서 생략된다.

[0026]

먼저, 도 1 내지 도 3을 참조하여 본 발명에 따른 PDMS 구조체의 구체적인 실시예들이 설명된다. 여기서 도 1은 본 발명에 따른 PDMS 구조체의 일 실시예를 나타낸 사시도이고, 도 2는 도 1의 I-I선에 따른 단면도이며, 도 3은 본 발명에 따른 PDMS 구조체의 다른 실시예를 나타낸 단면도이다.

[0027]

본 발명에 따른 PDMS 구조체는 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane, 이하, 'PDMS'라 약칭함)로 제조되는 구조물로서, 도 1 내지 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 PDMS 구조체의 일 실시예(100)는 고휘 몸체(110)와 상기 고휘 몸체(110)에 형성되는 공동(120, Hollow or Cavity)을 포함하여 구성된다.

[0028]

상기 고휘 몸체(110)는 상기 PDMS 재질을 가지며, 상기 공동(120)은 빈 공간으로서, 본 실시예에서는 구형 공동(Spherical hollow or Spherical cavity)으로 된 3차원 입체형의 내부 공간이 예시되나 이에 한정되는 것은 아니며, 상기 공동이 타원체형의 공동으로 구성될 수도 있다.

[0029]

상기 공동(120)은 상기 고휘 몸체(110)의 일측 표면에 형성되는 게이트(Gate, 121)를 가지며, 상기 게이트(121)는 상기 PDMS 구조체(100)의 외부와 상기 공동(120)의 내부 공간을 연통시키는 통로로서 입구가 된다.

[0030]

본 발명에 있어서 상기 공동의 게이트(121), 즉 입구가 형성된 부분은 상기 입구(121)의 외측으로 갈수록 좁아지는 형상, 다시 말하면 상기 입구가 상기 입구(121)의 내측 보다 좁은 형상으로서, 상기 공동(120)은 상기 입구(121)에서 상기 공동(120)의 내측으로 갈수록 소정 깊이까지 확장되는 형상을 갖는다. 예를 들어 상기 공동(120)이 일측이 뚫린 형상의 구형이나 타원체형인 경우 상기 입구(121)에서 상기 공동(120)의 중심까지 점점 확장되는 형상이 된다.

[0031]

그러므로, 상술한 구조를 갖는 PDMS 구조체(100)를 이용한 세포 배양기는 보다 많은 양의 배양액을 수용할 수 있는데, 예를 들어 줄기세포의 초기 단계 배양 환경을 생체 모방하는 경우처럼, 상기 공동의 게이트(121)가 아래를 향하도록 상기 PDMS 구조체(100)를 이용한 세포 배양기를 거꾸로 뒤집은 상태로 배양 환경을 구축하는 경

우에, 상기 공동(120)의 내부에 수용된 배양액이 유출되는 현상을 최소화 또는 방지할 수 있다.

- [0032] 그리고 상기 공동(120)은 상기 고형 몸체(110)에 복수개가 형성될 수도 있는데, 이에 따라 상기 PDMS 구조체(100)에 공동 어레이(Array)가 형성될 수 있다. 보다 구체적으로 설명하면, 상기 공동(120)들은 하나 이상의 레인(Lane)으로 배열되거나 격자 형태로 배열되거나 군집형태로 함께 모여 있는 형태, 특히 공동(120)들이 모여서 이웃하는 공동들이 상호 접하는 군집형태(응집형 어레이) 등 다양한 어레이 구조가 될 수 있으며, 이에 따라 세포 배양 환경의 네트워크를 구현할 수 있게 된다.
- [0033] 도 3은 PDMS 구조체의 다른 실시예(100a)를 나타낸 단면도로서, 타원체형 공동(120a)들을 가지며 고형 몸체(110)의 일측 표면에 상기 공동의 게이트(121), 즉 입구가 형성된 구조의 PDMS 구조체(100a)를 예시한 것이다.
- [0034] 한편, 상기 PDMS 구조체(100, 100a)는 배양 환경을 구축하는 기구, 예를 들면 세포 배양기로 적용될 수도 있고, 상기 공동의 형상에 대응되는 구조체의 성형을 위한 성형 몰드로 적용될 수 있는 등 다양한 분야에 적용될 수 있다. 특히 상기 공동(120, 120a)의 형성할 때 후술하는 제조방법에 의하면 종래와는 달리 유해한 화학물질을 사용하지 않으므로 배양 환경을 크게 개선할 수 있다.
- [0035] 이하에서는, 도 4 및 도 5를 참조하여, 본 발명에 따른 PDMS 구조체(100, 100a)의 제조방법에 대해 설명한다.
- [0036] 도 4 및 도 5를 참조하면, 상기 PDMS 구조체(100, 100a)의 제조방법은 폴리디메틸실록산, 즉 PDMS(210)와 섞이지 않는 액적(220), 즉 비상용성의 액적(Immiscible Droplet)을 PDMS(210)에 공급하는 액적공급단계(S10)와 상기 액적공급단계 이후에 상기 PDMS(210)를 경화시키는 형성하는 경화단계(S20)를 포함하여 이루어진다.
- [0037] 상기 PDMS(210)는 유동성을 갖는 물질로서 경화제에 의해 상온이나 고온에서 시간이 경과하면 경화되어서 고형화는 성질을 가지며, 경화제와 대략 10:1의 비율로 혼합되어서 PDMS 혼합물 상태로 용기(틀, 200), 예를 들면 페트리 접시(PETRI Dish)에 공급되는데, 상기 PDMS(210), 보다 구체적으로는 PDMS 혼합물에 상기 PDMS(210)와 섞이지 않는 수적(물방울)이나 유적(기름방울) 기타의 액적(220)이 투하되어서 방울 단위로 존재하게 된다.
- [0038] 일반적으로 PDMS는 다른 액체와 잘 섞이지 않으며, 특히 친수성의 액체는 상기 PDMS(210)와 비상용성을 가지나, 상기 액적(220)으로 사용되는 물질은 당업자에 의해 용이하게 취사선택될 수 있다. 본 실시예에서는 상기 액적(220)으로 물과 에탄올을 혼합한 용액이 개시되나 상기 액적의 종류가 이에 한정되는 것은 아니며, 상기 PDMS 그 자체는 공지의 물질이므로 그에 대한 추가적인 설명은 생략한다.
- [0039] 상기 PDMS 내에 방울 형태로 존재하는 액적(220)의 밀도가 상기 PDMS(210)보다 낮으면 상기 액적(220)이 부력에 의해 상기 PDMS(210)의 표면으로 부양하게 되고, 상기 액적(220)의 윗부분은 얇은 PDMS 표면막(Surface Membrane, 211)으로 덮일 수도 있다.
- [0040] 본 발명에 있어서 상기 액적(220)은 금형의 코어(Core)와 같은 기능을 수행하는데, 상기 액적(220)이 상기 PDMS(210)에 방울 형태로 존재하는 상태에서 상기 PDMS(210)가 상온 또는 고온에서 경화되어 전술한 고형 몸체(110)가 형성되면, 상기 고형 몸체(110)에 상기 액적(220)에 의한 공동(120, 120a)이 형성될 수 있다. 다시 말해서 상기 액적(220)의 형상과 동일한 형상의 공동(120, 120a)이 상기 고형 몸체(110)에 형성될 수 있다.
- [0041] 상기 PDMS(210)는 상온에서 경화시킬 수도 있고 오븐(Oven) 등의 히팅장치를 사용해서 고온 환경에서 경화시킬 수도 있는데, 온도가 높아짐에 따라 경화시간이 단축됨은 자명한 사항이다.
- [0042] 그리고, 상기 경화단계(S20) 이후에 수행되는 액적제거단계(S30)에서 액상의 상기 액적(220)을 상기 PDMS 구조체, 즉 상기 고형 몸체(110)에서 제거하면, 속이 빈 공동(120, 120a)을 갖는 PDMS 구조체가 완성될 수 있다. 상기 액적(220)의 제거를 위해 상기 고형 몸체(110)의 표면, 특히 상기 액적의 윗 부분을 덮은 PDMS 표면막을 제거하거나 피펫(Pipet, 230) 등의 기구를 이용하여 상기 PDMS 표면막(211)에 구멍(121)을 형성하면, 상기 구멍이 전술한 게이트, 즉 공동의 입구가 되고 상기 게이트를 통해 액적이 제거될 수 있다.
- [0043] 물론, 상기 액적(220)의 윗부분이 전술한 얇은 PDMS 표면막(211)으로 덮인 상태이므로, 상기 PDMS 구조체, 즉 고형 몸체(110)에 압력을 가하면 상기 PDMS 표면막(211)이 터지면서 전술한 게이트(121)가 형성되고 상기 게이트(121)를 통해 상기 액적(220)이 고형 몸체의 외부로 배출될 수도 있다.
- [0044] 이하에서는 상기 액적으로 물과 에탄올을 혼합한 용액(본 발명에서는 '에탄올 혼합액'이라 칭함) 사용한 예가 개시된다. 상기 에탄올 혼합액에서 물의 함량은 0~100 중량% 사이에서 조절되며, 물이 0%이면 100% 에탄올이 액적으로 사용되고 물이 100% 이면 물만 액적으로 사용되는 것임은 자명하다. 본 실시예에서 상기 에탄올은 상기 액적의 밀도를 조절한다. 그리고 필요시 상기 물로서 증수를 이용한다면 상기 액적이 상기 PDMS에 투하되었을

때 더 깊게 가라앉을 수도 있다.

[0045] 그리고 후술하는 바와 같이 상기 에탄올의 함량을 조절하면서 실험한 결과 80% 에탄올을 사용한 복수의 액적들은 상기 PDMS에 떨어뜨리면 상기 액적들이 이동하면서 서로 모여서 접촉되는 어레이 형태(군집형태)로 배열되는데, 이 때 상기 액적들이 서로 융합되지는 않는 것으로 확인되었다. 그리고 물만으로 이루어진 액적들은 이동성을 보이지 않았고, 100% 에탄올을 사용한 액적의 경우 휘발성으로 인해 방울 형태를 유지하는 것에 대해 다소 불안정성을 보였으나 액적으로 사용 불가능한 것은 아니다.

[0046] 도 6 및 도 7을 참조하면, 상기 PDMS에 비상용성의 액적을 떨어뜨렸을 경우 액적의 밀도에 따라 액적의 형상, 즉 방울의 형상이 달라짐을 알 수 있다. 다시 말해서, 도 7의 (a)에 나타난 바와 같이 상기 액적의 밀도가 감소되면 액적의 형상이 구형에서 타원체형으로 변화되는 것을 확인할 수 있다. 보다 구체적으로 설명하면, 상기 액적에 포함된 물의 함량이 감소되고 에탄올의 함량이 증가할수록 액적의 형상이 구형에서 타원체형으로 변화되고, 물의 함량이 증가될수록 액적의 밀도가 증가되면서 구형에 가까워지고 상기 액적이 잠긴 깊이가 깊어짐을 알 수 있다.

[0047] 그리고, 도 7의 (b)에 도시된 바와 같이, 상기 PDMS에 공급되는 액적의 부피가 같은 상태에서 액적의 에탄올 비율이 20%씩 증가할 때 상기 액적의 가로길이(w)와 세로길이(h)의 비를 구하면, 상기 액적이 가벼워질수록 액적의 형상이 구형에서 점점 타원형으로 변화하는 것을 알 수 있다.

[0048] 다음으로, 도 8을 참조하면, 상기 액적 1개당 부피(양)가 증가할수록 상기 액적의 크기가 커지는 것을 알 수 있으며, 도 8의 (a)는 100% 물(DW, Distilled Water)로 된 액적을 사용한 경우가 예시되어 있다. 그리고, 도 8의 (b)에 도시된 바와 같이, 상기 액적의 밀도가 같은 상에서 부피가 $5\mu\text{l}$ 에서 $50\mu\text{l}$ 까지 $5\mu\text{l}$ 단위로 증가할 때 상기 액적의 입구, 즉 게이트의 직경(ℓ)이 커진다는 것이 확인되었다.

[0049] 한편, 상기 액적의 밀도 변화, 보다 구체적으로 설명하면 상기 에탄올의 비율(농도) 변화는 액적의 이동성(이동도)에 영향을 미친다는 것이 실험적으로 확인되었다.

[0050] 도 9와 도 10은 7개의 액적과 19개의 액적이 각각 PDMS에 공급된 상태에서 상기 PDMS가 경화될 때 에탄올 비율에 따른 액적의 배열변화를 나타낸 사진으로서, 보다 구체적으로 설명하면 상기 PDMS를 70℃의 온도조건에서 경화시킬 때 액적 공급 10분(min) 후와 6시간(hr) 후의 액적배열을 각각 나타낸 사진이다.

[0051] 도 9 및 도 10을 참조하면, 상기 액적에서 에탄올의 비율이 증가할수록 액적이 이동이 활발해짐을 알 수 있으며, 100% 증류수일 때에는 액적이 이동이 거의 일어나지 않음을 알 수 있다. 보다 구체적으로 설명하면 20% 에탄올 이하에서는 액적의 접촉이 어렵고 60% 에탄올까지는 액적의 병합(융합)이 보이기도 하며, 60% 이상의 에탄올일 때 액적의 이동성이 확연히 나타나며 75% 에탄올~85% 에탄올, 특히 80%의 에탄올일 때 액적이 응집되면서(모이면서) 가장 규칙적이고 가지런하게 정렬되며, 이에 따라 도 12의 사진에서와 같은 군집형태의 액적 어레이(응집형 어레이)가 형성될 수 있으며, 액적을 고형 몸체에서 제거하면 도 13에 도시된 형태의 PDMS 구조체가 완성될 수 있다.

[0052] 도 11은 에탄올 농도에 대한 액적의 이동도(Mobility)를 나타낸 그래프로서 액적이 80% 에탄올인 경우 상기 이동도가 최고치에 가까워짐을 알 수 있으며, 도 12에 나타난 바와 같이 군집형태의 가지런한 액적 어레이가 형성되는 현상이 확인되었다. 물론 액적이 100% 에탄올인 경우에 이동도가 가장 크나 휘발성으로 인해 약간의 불안정성이 나타남을 확인할 수 있었다.

[0053] 물론, 이동성이 낮거나 0(Zero)인 액적, 예를 들면 100% 증류수로 된 액적의 경우 초기 배열과 동일한 액적 배열이 형성될 수 있으므로, 상기 액적의 선택은 PDMS 구조체의 설계조건에 따라 적절히 선택될 수 있다.

[0054] 상기와 같이 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 살펴보았으며, 앞서 설명된 실시예 이외에도 본 발명이 그 취지나 범주에서 벗어남이 없이 다른 특정 형태로 구체화 될 수 있다는 사실은 해당 기술에 통상의 지식을 가진 이들에게는 자명한 것이다.

[0055] 그러므로, 상술된 실시예는 제한적인 것이 아니라 예시적인 것으로 여겨져야 하고, 이에 따라 본 발명은 상술한 설명에 한정되지 않고 첨부된 청구항의 범주 및 그 동등 범위 내에서 변경될 수도 있다.

부호의 설명

[0056] 100, 100a: PDMS 구조체

110: 고행 몸체

120, 120a: 공동

121: 게이트(입구)

200: 용기

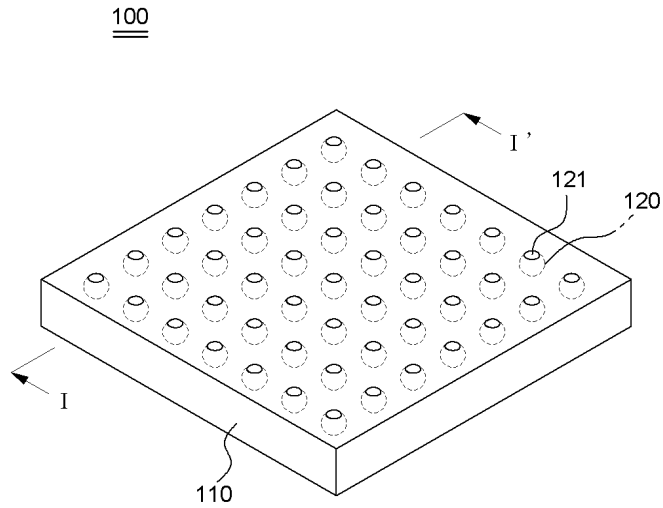
210: PDMS(폴리디메틸실록산)

220: 액적

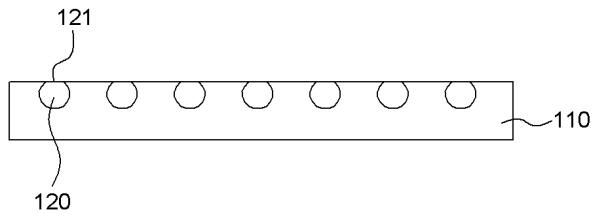
230: 피펫

도면

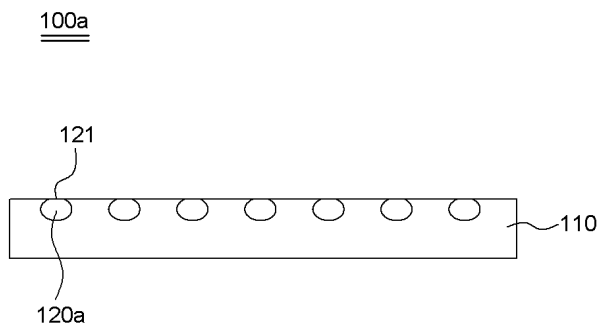
도면1



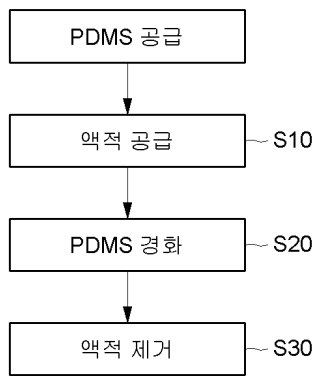
도면2



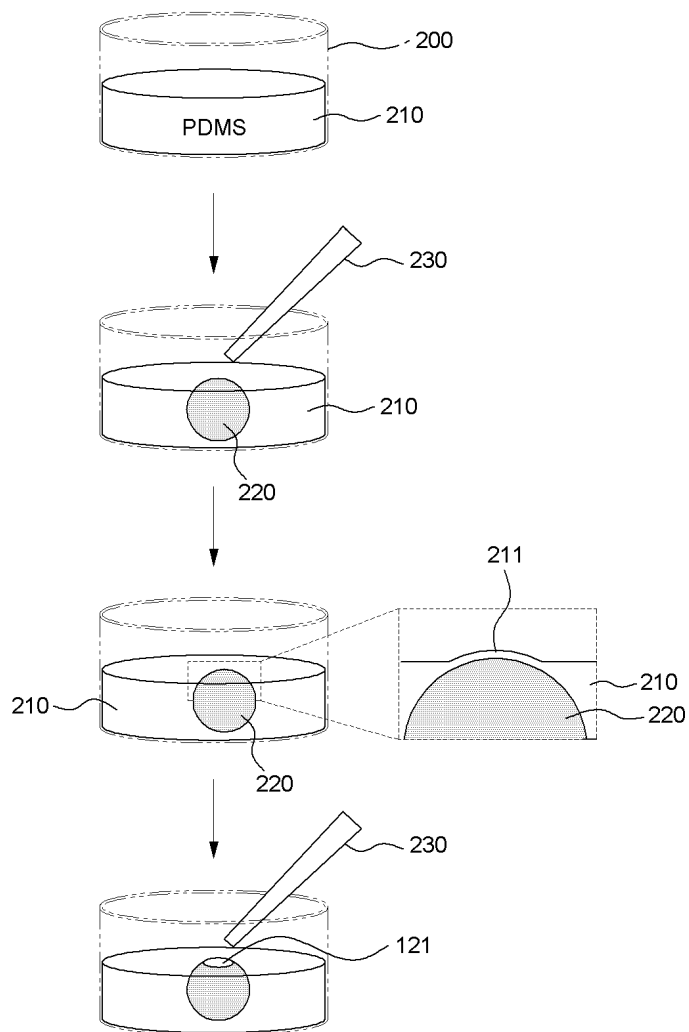
도면3



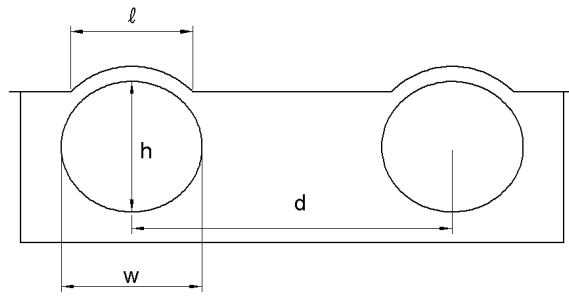
도면4



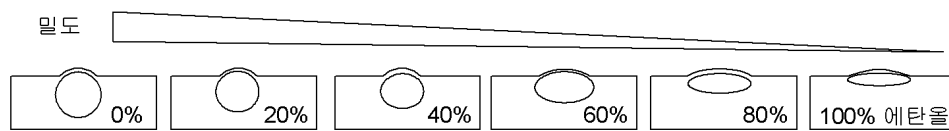
도면5



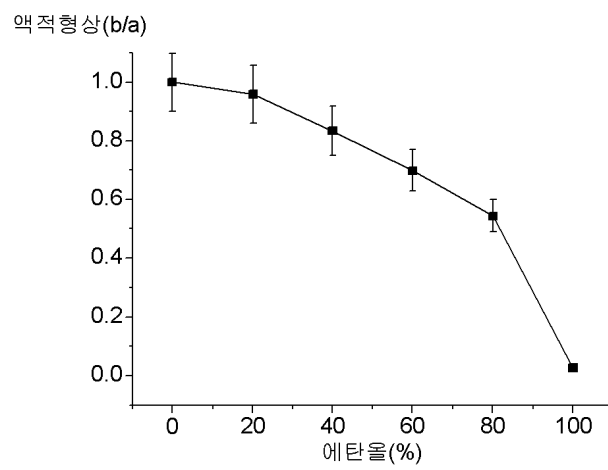
도면6



도면7

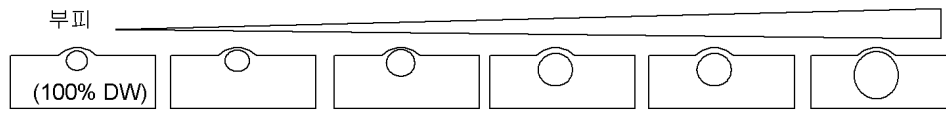


(a)

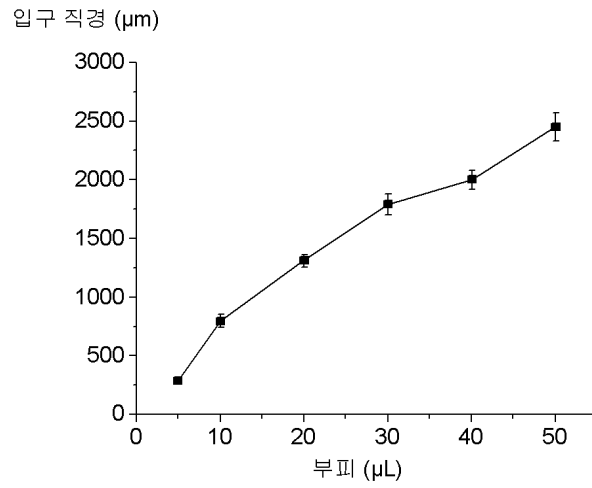


(b)

도면8

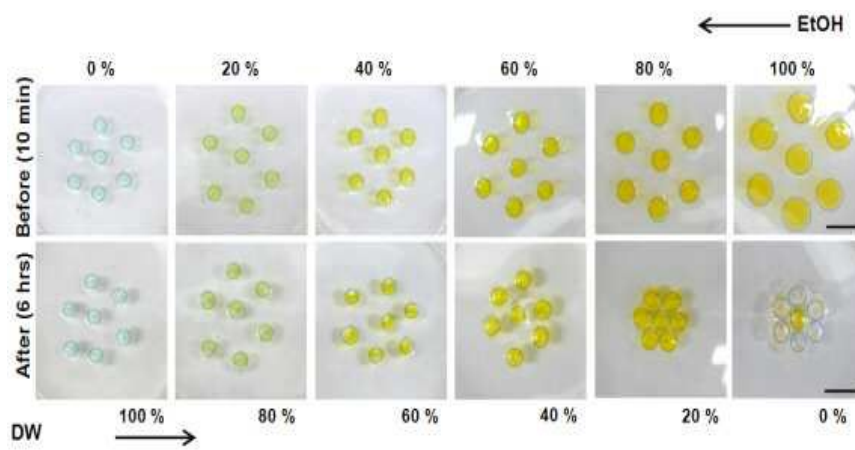


(a)

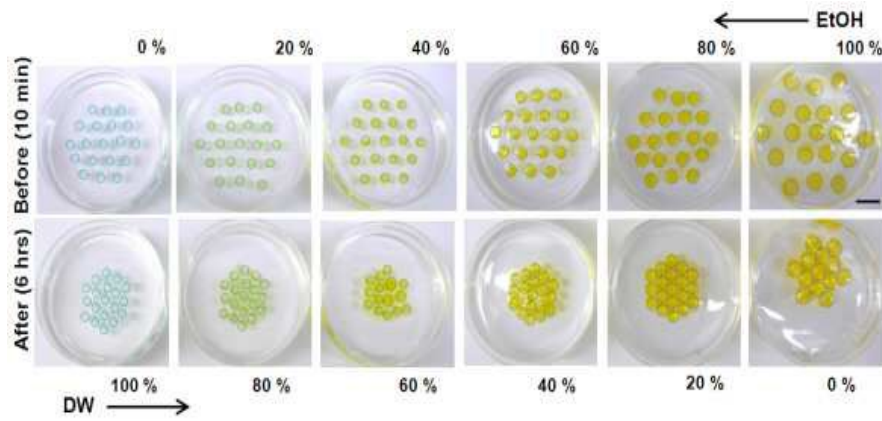


(b)

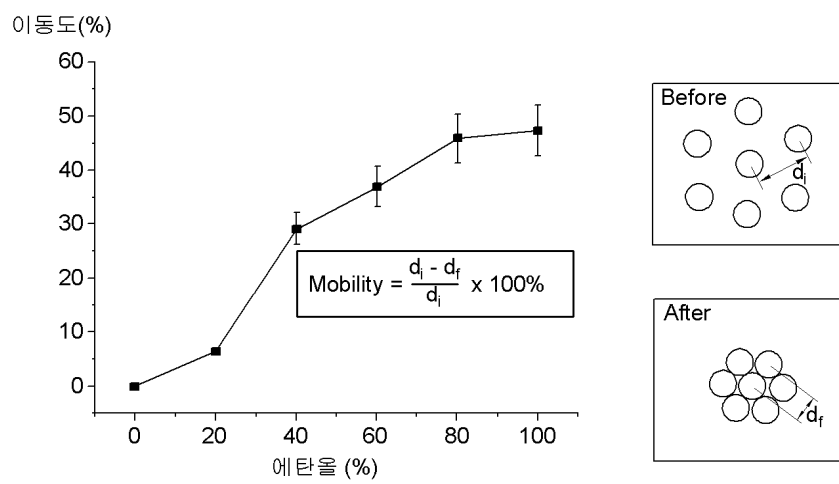
도면9



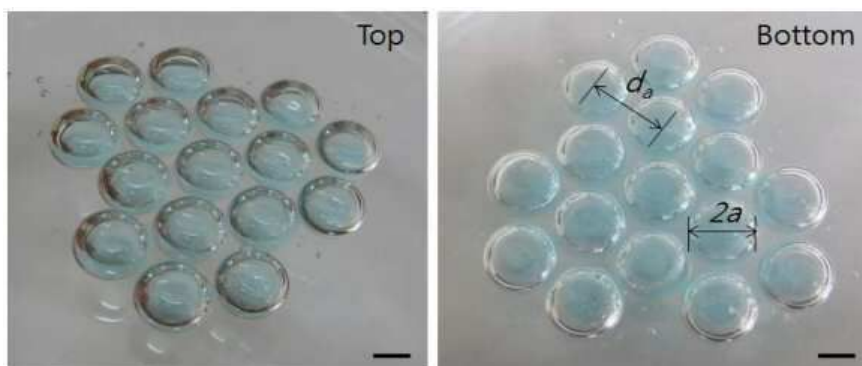
도면10



도면11



도면12



도면13

