(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0097594
(43) 공개일자 2024년06월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B81C 1/00 (2006.01) *B81B 1/00* (2017.01)
B81C 99/00 (2010.01)
(52) CPC특허분류
B81C 1/00111 (2013.01)
B81B 1/008 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0179814
(22) 출원일자 2022년12월20일
심사청구일자 2022년12월20일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
한국전자통신연구원
대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)
(72) 발명자
강성민
경기도 광명시 광명역로 26 (일직동, 광명역파크자이)
최지성
대전광역시 동구 동부로 10번길 55 삼정그린코아 109동 1901호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이재명, 김태완

전체 청구항 수 : 총 6 항

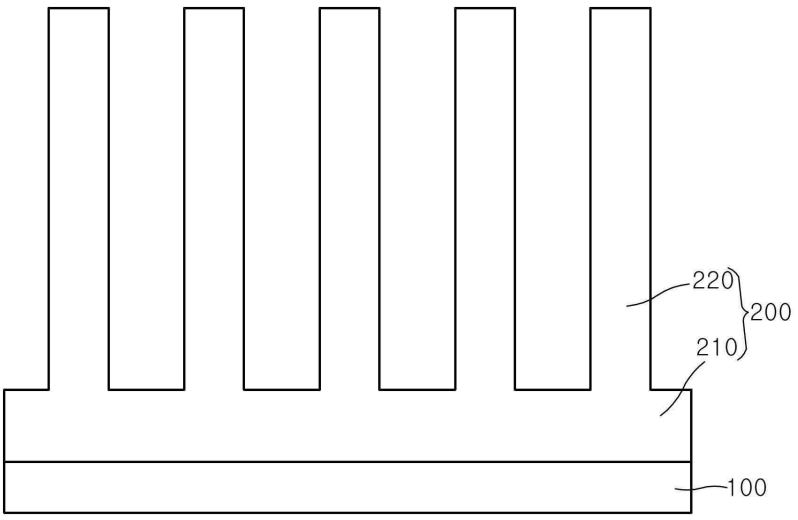
(54) 발명의 명칭 **고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면 및 이의 제작방법**

(57) 요 약

본 발명은 온도 및 습도를 조절하여 필라의 군집 및 군집 해제가 가능한 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면 및 이의 제작방법에 관한 것이다.

이를 위하여, 본 발명은 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면에 있어서, 평판 형상으로 형성된 지지층과, 상기 지지층의 상부에 결합되는 필라 어레이층을 포함하되, 상기 필라 어레이층은 상기 지지층의 상면과 결합되며, 평판 형상으로 형성되는 베이스부와, 상기 베이스부의 상면으로부터 돌출형성된 형상으로 형성되며, 원기둥 형상으로 형성되고, 복수개로 구성되어 일정간격 이격되어 배치되는 필라를 포함하며, 상기 필라는 온도 및 습도에 의하여 단부가 군집 및 군집해제되는 것을 특징으로 하는 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면을 제공한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B81C 99/0085 (2013.01)
B81B 2203/0361 (2013.01)
B81C 2201/034 (2013.01)
(72) 발명자
김정훈
대전광역시 유성구 봉명로 93, 609동 901호
문승언
대전광역시 유성구 반석동로 33, 504동 1202호
임종필
대전광역시 유성구 도안동로 523, 208동 903호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345347709
과제번호	2020R1I1A3054824
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공분야기초연구-지역대학우수과학자
연구과제명	다공성 하이브리드 유연/투명 페로브스카이트 태양전지 방진망 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	충남대학교
연구기간	2020.06.01 ~ 2024.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711155527
과제번호	2021M1A2A2061335
부처명	기획재정부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	기후변화대응기술개발
연구과제명	다중 에너지하베스팅 자립형 전원모듈 핵심 기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	한국전자통신연구원
연구기간	2022.02.24 ~ 2023.02.23

명 세 서

청구범위

청구항 1

고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면에 있어서,

평판 형상으로 형성된 지지층; 및

상기 지지층의 상부에 결합되는 필라 어레이층;을 포함하되,

상기 필라 어레이층은,

상기 지지층의 상면과 결합되며, 평판 형상으로 형성되는 베이스부; 및

상기 베이스부의 상면으로부터 돌출형성된 형상으로 형성되며, 원기둥 형상으로 형성되고, 복수개로 구성되어 일정간격 이격되어 배치되는 필라;를 포함하며,

상기 필라는 온도 및 습도에 의하여 단부가 군집 및 군집해제되는 것을 특징으로 하는 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 지지층은 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethylene terephthalate, PET) 재질로 구성되고,

상기 필라 어레이층은 나이팜(N-Isopropylacrylamide, NIPAm)을 포함하는 재질로 구성되는 것을 특징으로 하는 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 필라의 직경은 5㎛ 내지 12㎛로 형성되고,

상기 필라의 높이는 40㎛ 내지 50㎛로 형성되며,

상기 필라 사이의 거리는 17㎛ 내지 20㎛로 형성되는 것을 특징으로 하는 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면.

청구항 4

고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 제작방법에 있어서,

일정간격 이격된 복수개의 음각 마이크로 필라구조가 형성된 몰드를 제작하는 몰드 제작단계;

상기 몰드에 레플리카 공정을 수행하여, 일정간격 이격된 복수개의 필라가 형성된 필라 어레이층을 형성하는 필라어레이층 형성단계;

상기 필라 어레이층 하면에 지지층을 접합하는 지지층 접합단계; 및

상기 필라 어레이층을 상기 몰드로부터 이형시키는 이형단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 제작방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 지지층 접합단계에서 상기 지지층은 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethylene terephthalate, PET) 재질로 구성되고,

상기 필라어레이층 형성단계에서 상기 필라 어레이층은 나이팜(N-Isopropylacrylamide, NIPAm)을 포함하는 재질로 구성되는 것을 특징으로 하는 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 제작방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 몰드 제작단계에서 제작되는 상기 몰드에 형성된 상기 음각 마이크로 필라구조의 직경은 5㎛이고, 상기 음각 마이크로 필라구조의 높이는 40㎛이며, 상기 음각 마이크로 필라구조 사이의 거리는 20㎛인 것을 특징으로 하는 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 제작방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면 및 이의 제작방법에 관한 것으로, 온도 및 습도를 조절하여 필라의 군집 및 군집 해제가 가능한 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면 및 이의 제작방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 고종횡비 마이크로 필라의 군집 현상은 자연에서 흔한 현상이며 복잡하고 대규모의 마이크로 아키텍처를 구축하는 데 활용된다.

[0003] 예를 들어, 균일한 배열로 형성된 마이크로 필라는 사용된 재료의 탄성 계수에 따라 직선 또는 군집 모양을 나타내며, 이러한 거동은 에너지 장치, 접착제, 진동 센서, 습윤 제어 및 액적 조작과 같은 다양한 응용 분야에서 활용된다.

[0004] 이러한 고종횡비 마이크로 필라의 군집 현상은 마이크로 필라 재료의 탄성률이 높으면 구조가 곧게 유지되고 탄성률이 낮으면 쉽게 군집 현상을 형성한다.

[0005] 이때, 직선 모양을 나타내는 마이크로 필라는 습윤 애플리케이션, 건식 접착제, 센서 및 에너지 장치에 사용할 수 있으며, 반면에 마이크로 필라가 군집되어 있을 때는 작은 입자를 마이크로 필라 사이 공간에 보관하거나 또는 줄기 세포 분화를 안내하는 조직으로 사용될 수 있다.

[0006] 그러나 상술한 바와 같이 일반적인 폴리머로 제작된 마이크로 필라의 경우, 도 2의 (a) 및 (b)의 도시와 같이, 마이크로 필라가 군집된 이후 자발적으로 군집 현상을 해제할 수 없어 비가역적인 문제점 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2019-0051691호(발명의 명칭: 온도 반응성 고분자를 이용한 능동형 몰드제작 및 코어-쉘 이종재료 기둥 구조 제작, 공개일: 2019년 05월 15일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 이에 본 발명은 온도 및 습도를 조절하여 자발적으로 필라의 군집 및 군집 해제가 가능한 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면 및 이의 제작방법을 제공하는데에 그 목적이 있다.

[0009] 본 발명의 과제들은 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않는 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상술한 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면에 있어서, 평판 형상으

로 형성된 지지층과, 상기 지지층의 상부에 결합되는 필라 어레이층을 포함하되, 상기 필라 어레이층은 상기 지지층의 상면과 결합되며, 평판 형상으로 형성되는 베이스부와, 상기 베이스부의 상면으로부터 돌출형성된 형상으로 형성되며, 원기둥 형상으로 형성되고, 복수개로 구성되어 일정간격 이격되어 배치되는 필라를 포함하며, 상기 필라는 온도 및 습도에 의하여 단부가 군집 및 군집해제되는 것을 특징으로 하는 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면을 제공한다.

[0011] 여기서, 상기 지지층은 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethylene terephthalate, PET) 재질로 구성되고, 상기 필라 어레이층은 나이팜(N-Isopropylacrylamide, NIPAm)을 포함하는 재질로 구성될 수 있다.

[0012] 또한, 상기 필라의 직경은 5㎛ 내지 12㎛로 형성되고, 상기 필라의 높이는 40㎛ 내지 50㎛로 형성되며, 상기 필라 사이의 거리는 17㎛ 내지 20㎛로 형성될 수 있다.

[0013] 또한, 본 발명은 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 제작방법에 있어서, 일정간격 이격된 복수개의 음각 마이크로 필라구조가 형성된 몰드를 제작하는 몰드 제작단계와, 상기 몰드에 레플리카 공정을 수행하여, 일정간격 이격된 복수개의 필라가 형성된 필라 어레이층을 형성하는 필라어레이층 형성단계와, 상기 필라 어레이층 하면에 지지층을 접합하는 지지층 접합단계와, 상기 필라 어레이층을 상기 몰드로부터 이형시키는 이형단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 제작방법을 제공한다.

[0014] 여기서, 상기 지지층 접합단계에서 상기 지지층은 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethylene terephthalate, PET) 재질로 구성되고, 상기 필라어레이층 형성단계에서 상기 필라 어레이층은 나이팜(N-Isopropylacrylamide, NIPAm)을 포함하는 재질로 구성될 수 있다.

[0015] 또한, 상기 몰드 제작단계에서 제작되는 상기 몰드에 형성된 상기 음각 마이크로 필라구조의 직경은 5㎛이고, 상기 음각 마이크로 필라구조의 높이는 40㎛이며, 상기 음각 마이크로 필라구조 사이의 거리는 20㎛일 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면 및 이의 제작방법은 다음과 같은 효과를 가진다.

[0017] 첫째, 온도 및 습도를 조절하여 자발적이며 가역적인 필라의 군집 및 군집 해제가 가능한 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면을 제작할 수 있는 이점이 있다.

[0018] 둘째, 필라가 가역적으로 군집 및 군집해제를 이루게 됨에 따라, 표면의 투명성을 조절할 수 있게 됨으로써 선택적으로 광학 특성을 조정하여 사용처에 따라 필요한 표면을 시각화할 수 있는 이점이 있다.

[0019] 셋째, 필라가 가역적으로 군집 및 군집해제를 이루게 됨에 따라, 군집 상태에서는 필라 내측에 미세 구조체들을 보관하고, 이후 군집 상태를 해제하여 미세 구조체를 이동시킬 수 있는 이점이 있다.

[0020] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 청구범위의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면을 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 필라의 군집 및 군집해제 상태를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 SEM 이미지를 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 제작방법의 단계를 도시한 도면이다.

도 5 및 도 6은 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 제작방법의 각 단계를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.

도 7은 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이에 있어서, 실온에서 가교제의 농도에 따른 필라의 거동을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.

도 8은 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이에 있어서, 고온에서 가교제의 농도에 따른 필라의 거동을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.

도 9는 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 제작방법으로 제작된 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이가 마이크로 그리퍼로 활용되는 예시를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0023] 본 명세서에서 사용된 용어는 특정 실시예를 설명하기 위하여 사용되며, 본 발명을 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이 단수 형태는 문맥상 다른 경우를 분명히 지적하는 것이 아니라면, 복수의 형태를 포함할 수 있다. 또한, 본 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0024] 어떠한 구성 요소가 다른 구성 요소에 “연결되어” 있다거나 “접속되어” 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성 요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떠한 구성 요소가 다른 구성요소에 “직접 연결되어” 있다거나 또는 “직접 접속되어” 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성 요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성 요소들 간의 관계를 설명하기 위한 다른 표현들도 마찬가지로 해석되어야 한다.

[0025] 본 명세서에서 사용되는 기술적이거나 과학적인 용어를 포함한 모든 용어들은, 다르게 정의되지 않는 한 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0026] 본 명세서에서 사용되는 일면, 타면, 상단, 하단, 상면, 하면, 상부, 하부 등의 용어는 구성 요소들에 있어서 상대적이 위치를 구별하기 위해 사용된다.

[0027] 도 1 내지 도 3을 참조하여, 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면을 설명하면 다음과 같다.

[0028] 도 1은 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면을 도시한 도면이며, 도 2는 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 필라의 군집 및 군집해제 상태를 설명하기 위하여 도시한 도면이고, 도 3은 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 SEM 이미지를 도시한 도면이다.

[0029] 도 1 내지 도 3에 따르면, 본 발명은 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면은 지지층(100) 및 필라 어레이층(200)을 포함한다.

[0030] 상기 지지층(100)은 평판 형상으로 형성되되, 후술하는 상기 필라 어레이층(200)의 하면과 동일한 형상으로 형성되고, 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethylene terephthalate, PET) 재질로 구성된다.

[0031] 상기 필라 어레이층(200)은 상기 지지층(100)의 상부에 결합되되, 나이팜(N-Isopropylacrylamide, NIPAm)을 포함하는 재질로 구성된다.

[0032] 구체적으로 상기 필라 어레이층(200)은 베이스부(210) 및 필라(220)를 포함한다.

[0033] 상기 베이스부(210)는 상기 지지층(100)의 상면과 결합되며, 평판 형상으로 형성되고, 후술하는 상기 필라(220)를 지지한다.

[0034] 상기 필라(220)는 상기 베이스부(210)의 상면으로부터 돌출형성된 형상으로 형성되며, 원기둥 형상으로 형성되고, 복수개로 구성되어 일정간격 이격되어 배치된다.

[0035] 이때, 상기 필라(220)의 직경은 5㎛ 내지 12㎛로 형성되고, 상기 필라(220)의 높이는 40㎛ 내지 50㎛로 형성되며, 상기 필라(220) 사이의 거리는 17㎛ 내지 20㎛로 형성된다.

[0036] 이 외, 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 특징은 본 발명에 따른 고종횡비 마이크

로 필라 어레이를 갖는 표면의 제작방법에서 후술한다.

[0037] 즉, 상기 필라 어레이층(200)은 도 2의 (c) 및 (d)와 도 3의 도시와 같이 온도 및 습도에 따라 단부가 군집 및 군집해제된다.

[0038] 구체적으로, 상기 필라는 상기 필라 어레이층을 구성하는 재질, 즉 나이팜의 임계수팽윤 온도(Tc)를 기준으로 상기 임계수팽윤 온도 이하(T<Tc)인 경우 상기 필라는 군집상태이며, 상기 임계수팽윤 온도 이상(T>Tc)인 경우 군집 해제상태가 되며, 이에 대한 설명은 후술하도록 한다.

[0039] 도 4는 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 제작방법의 단계를 도시한 도면이다.

[0040] 도 4에 따르면, 본 발명은 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 제작방법은 몰드 제작단계(S100), 필라어레이층 형성단계(S200), 지지층 접합단계(S300) 및 이형단계(S400)를 포함한다.

[0041] 상기 몰드 제작단계(S100)에서는 일정간격 이격된 복수개의 음각 마이크로 필라구조가 형성된 몰드를 제작한다.

[0042] 상기 필라 어레이층(200) 형성단계에서는 상기 몰드에 레플리카 공정을 수행하여, 일정간격 이격된 복수개의 필라(220)가 형성된 필라 어레이층(200)을 형성한다.

[0043] 상기 지지층 접합단계(S300)에서는 상기 필라 어레이층(200) 하면에 지지층(100)을 접합한다.

[0044] 마지막으로 상기 이형단계(S400)에서는 상기 필라 어레이층(200)을 상기 몰드로부터 이형시킴으로써 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면을 제작한다.

[0045] 상기 몰드 제작단계(S100), 상기 필라어레이층 형성단계(S200), 상기 지지층 접합단계(S300) 및 상기 이형단계(S400)의 상세 설명은 도 5 및 도 6을 참조하여 후술하도록 한다.

[0046] 도 5 및 도 6은 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 제작방법의 각 단계를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.

[0047] 먼저, 상기 몰드 제작단계(S100)는 제1 몰드 제작단계(S110), 제1 복제표면 제작단계(S120), 제2 몰드 제작단계(S130), 제2 복제표면 제작단계(S140) 및 필라어레이층 형성몰드 제작단계(S150)를 포함한다.

[0048] 상기 제1 몰드 제작단계(S110)에서는 제1 재료로 구성되며, 상기 음각 마이크로 필라구조와 동일한 형상으로 형성된 복수개의 제1 음각 마이크로 필라구조가 형성된 제1 몰드를 제작한다.

[0049] 이때, 상기 제1 재료는 실리콘 웨이퍼로 구성되고, 상기 제1 몰드에 형성된 상기 제1 음각 마이크로 필라구조의 직경은 5㎛이고, 상기 제1 음각 마이크로 필라구조의 높이는 40㎛이며, 상기 제1 음각 마이크로 필라구조 사이의 거리는 20㎛로 형성되는 것이 바람직하다.

[0050] 상기 제1 복제표면 제작단계(S120)에서는 상기 제1 몰드에 제2 재료를 도포 및 경화시키고, 상기 제1 몰드로부터 상기 제2 재료를 이형시켜 복수개의 제1 복제 마이크로 필라 어레이가 형성된 제1 복제 표면을 제작한다.

[0051] 이때, 상기 제2 재료는 폴리디메틸실록산(PDMS) 베이스와 폴리디메틸실록산경화제를 10:1로 혼합인 재료인 것이며, 이는 실리콘으로 구성된 제1 몰드로부터 고종횡비의 제1 복제 마이크로 필라 어레이를 용이하게 탈형하기 위한 것이다.

[0052] 또한, 상기 제2 재료의 경화는 70° C의 오븐에서 2시간 동안 경화하는 것이 바람직하다.

[0053] 상기 제2 몰드 제작단계(S130)에서는 상기 제1 복제 표면의 상부에 제3 재료를 도포 및 경화시키고, 상기 제1 복제 표면으로부터 경화된 상기 제3 재료를 이형시켜 복수개의 제2 음각 마이크로 필라구조가 형성된 제2 몰드를 제작한다.

[0054] 이때, 상기 제3 재료는 Norland 광학 접착제(NOA 73, Sigma Aldrich)인 것이 바람직하며, 상기 제3 재료를 상기 제1 복제 표면의 상부에 도포 후 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET) 필름으로 가볍게 누른 후, 40W의 전력과 310-400nm 파장으로 5분 동안 경화하는 1차 경화과정을 거친 다음 상기 제1 복제 표면으로부터 상기 제3 재료를 이형시킨 후 상기 제3 재료에 자외선을 10시간 동안 조사하여 상기 제3 재료를 완전 경화하는 2차 경화과정을 수행하는 것이 바람직하다.

[0055] 상기 제2 복제표면 제작단계(S140)에서는 상기 제2 몰드에 제4 재료를 도포 및 경화시키고, 상기 제2 몰드로부터 상기 제4 재료를 이형시켜 복수개의 제2 복제 마이크로 필라 어레이가 형성된 제2 복제 표면을 제작한다.

[0056] 이때, 상기 제4 재료는 폴리우레탄 아크릴레이트(PUA)이며, 상기 제2 몰드에 제4 재료를 도포 후 상기 제3 재료의 경화 과정과 동일하게 경화하는 것이 바람직하다.

[0057] 상기 필라어레이층 형성몰드 제작단계(S150)에서는 상기 제2 복제 표면의 상부에 제5 재료를 도포 및 경화시키고, 상기 제2 복제 표면으로부터 경화된 상기 제5 재료를 이형시켜 상기 음각 마이크로 필라구조가 형성된 상기 몰드를 제작한다.

[0058] 이때, 상기 제5 재료는 상술한 상기 제2 재료와 동일하며, 경화 및 이형 단계 또한 동일하므로 이에 대한 설명은 생략한다.

[0059] 결과적으로 상술한 몰드 제작단계(S100)를 통해 음각 마이크로 필라구조가 형성된 몰드를 제작한다.

[0060] 상기 필라어레이층 형성단계(S200)는 필라어레이층 형성물질 제작단계, 필라어레이층 형성물질 도포단계 및 필라어레이층 형성물질 경화단계를 포함한다.

[0061] 상기 필라어레이층 형성물질 제작단계에서는 필라어레이층 형성물질을 제작하며, 상기 펠라어레이층 형성물질은 N-이소프로필아크릴아미드(NIPAm, Sigma-Aldrich Co., USA),N,N'-메틸렌비스(아크릴아미드)(MBAAm, Sigma-Aldrich Co., USA),2-하이드록시-2-메틸프로피오페논(Sigma-Aldrich Co., USA),탈이온수(DI water) 및 아크릴아미드(AAm, Sigma-Aldrich Co., USA)이 혼합된 혼합용액이다.

[0062] 구체적으로 상기 필라어레이층 형성물질 제작단계는 제1 형성물질 제작단계, 제2 형성물질 제작단계 및 제3 형성물질 제작단계를 포함한다.

[0063] 상기 제1 형성물질 제작단계에서는 N-이소프로필아크릴아미드(NIPAm, Sigma-Aldrich Co., USA),N,N'-메틸렌비스(아크릴아미드)(MBAAm, Sigma-Aldrich Co., USA),2-하이드록시-2-메틸프로피오페논(Sigma-Aldrich Co., USA), 탈이온수(DI water),아크릴아미드(AAm, Sigma-Aldrich Co., USA).p(NIPAm-co-AAm) 하이드로겔을 합성하기 위해 3g의 NIPAm 단량체와 0.6g의 AAm을 자기 교반기를 사용하여 200rpm에서 2시간 동안 2.5g의 탈이온수에 용해시킨다.

[0064] 여기서, AAm 분자는 농축된 NIPAm 전구체에서 상 분리를 방지하는 역할을 수행하며, NIPAm 단량체 대 AAm의 몰비는 3.14인 것이 바람직하다.

[0065] 상기 제2 형성물질 제작단계에서는 상기 제1 형성물질 제작단계에서 제조된 제1 혼합물에 가교제로 MBAAm를 300 내지 375 mg을 첨가하고 200 rpm으로 1시간 동안 교반한다.

[0066] 즉, NIPAm 단량체에 대한 중량비인 가교제 밀도는 2.1%인 것이 바람직하며, 이는 가교제 밀도에 따라 성형을 통해 미세한 패턴을 얻기 위함이다.

[0067] 상기 제3 형성물질 제작단계에서는 상기 제2 형성물질 제작단계에서 제작한 제2 혼합물에 광개시제로 2-하이드록시-2-메틸프로피오페논 0.2g을 첨가하고 200rpm에서 30분 동안 교반함으로써 상기 필라어레이층 형성물질을 제작한다.

[0068] 상기 필라어레이층 형성물질 도포단계에서는 상기 몰드에 필라어레이층 형성물질을 도포한다.

[0069] 이때, 복제 공정을 용이하게 하기 위하여 상기 필라어레이층 형성물질 도포단계가 수행되기 이전에 플라즈마 처리 장비를 사용하여 C4F8 박막으로 10분간 처리하여 상기 몰드의 표면 에너지를 낮추는 몰드 전처리 단계를 수행한 후, 상기 몰드에 필라어레이층 형성물질을 도포하는 것이 바람직하다.

[0070] 상기 필라어레이층 형성물질 경화단계에서는 상기 필라어레이층 형성물질을 경화시키며, 여기서, 상기 필라어레이층 형성물질 경화단계는 상기 지지층 접합단계(S300)를 수행한 이후 수행될 수 있다.

[0071] 상기 필라어레이층 형성물질 경화단계에서는 상기 필라어레이층 형성물질에 자외선을 30초 동안 조사함으로써 상기 필라어레이층 형성물질을 경화시킨다.

[0072] 상기 지지층 접합단계(S300)는 상기 필라 어레이층(200)의 하면과 동일한 형상으로 형성되고, 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethylene terephthalate, PET) 재질로 구성된 지지층(100)을 상기 필라 어레이층(200) 하면에 접합한다.

[0073] 이때, 상기 지지층(100)에 유리 프라이머를 도포한 후, 70° C 온도로 2시간 열처리를 수행함으로써 상기 필라어레이층(200) 하면과 상기 지지층(100) 사이의 접착력을 향상시키는 지지층(100) 전처리 단계를 수행할 수 있

다.

[0074] 도 7은 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이에 있어서, 실온에서 가교제의 농도에 따른 필라(220)의 거동을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.

[0075] 도 7에 따르면, 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 제작방법을 통해 제작된 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 실온에서의 거동은 다음과 같다.

[0076] 도 7은 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면에 포함된 가교제의 농도가 75mg(이하, N-HAP 75), 150mg(이하, N-HAP 150), 225mg(이하, N-HAP 225), 300mg(이하, N-HAP 300), 375mg(이하, N-HAP 375), 450mg(이하, N-HAP 450)인 경우의 예시를 도시하며, 실온(20° C)에서 가교제의 농도별 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 부피 및 탄성 계수의 변화를 도시한다.

[0077] 여기서 본 발명에 따따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면에 포함된 NIPAm의 수팽윤 특성은 기존의 하이드로겔과 달리 임계 온도(Tc ~33° C) 미만에서 존재하고 임계 온도 이상에서는 존재하지 않는 특징을 가진다.

[0078] 먼저, 실온(임계 온도보다 낮은 20° C)에서 가교제의 농도별 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면에 물을 분무하고, 90초의 측정 주기로 증발이 완료된 270초까지 광학 현미경을 사용하여 필라(220)의 거동을 확인한다.

[0079] 먼저, N-HAP 75는 과도한 양의 물을 흡수함에 따라(0s) 필라(220)는 큰 부피와 극도로 낮은 모듈러스를 나타내어 과도한 군집현상을 나타내는 것을 확인할 수 있으며, 이후 물이 완전히 증발된 경우(170s)에도 었지만 N-HAP 75는 군집현상을 유지하는 것을 확인할 수 있으며, N-HAP 150 또한, N-HAP 75와 비슷한 양상을 보이는 것을 확인할 수 있다.

[0080] N-HAP 225의 경우, 물을 흡수(0s)함에 따라, 필라(220)가 군집현상을 나타내고, 건조가 일정부분 일어난 180s에서는 필라(220)의 군집현상이 부분적으로 회복되는 양상을 보였지만, 물이 완전히 증발한 270s 에서도 군집현상이 유지되는 것을 확인할 수 있으며, 이는 N-HAP 225가 건조상태에서 낮은 탄성 계수를 갖기 때문이다.

[0081] N-HAP 300 및 N-HAP 375의 경우, 물을 흡수(0s)합에 따라 물의 흡수로 인해 부피가 증가하고 모듈러스가 감소하며, 모세관 작용으로 인해 필라(220)의 군집현상을 나타내었고, 이후 물이 증발하여 건조된 후에는 필라(220)가 군집현상에서 해제되어 직선 상태로 회복하는 것을 확인할 수 있다.

[0082] 결과적으로, N-HAP 300 및 N-HAP 375의 경우 교제의 전이영역을 확인하여 상온에서 수성 클러스터링 현상과 증발에 의한 탄성계수 회복 현상을 반복함으로써 자발적이며 가역적인 군집현상의 유지 및 해제가 이루어진다.

[0083] N-HAP 450의 경우, 물을 분무하더라도 필라(220)의 부피와 모듈러스에서 비교적 작은 변화를 보임에 따라 물의 모세관력에 의한 군집현상이 발생하지 않고, 습윤상태에서도 건조상태의 직선형상을 유지하는 것을 확인할 수 있다.

[0084] 결과적으로 N-HAP 225보다 가교제 농도가 낮은 필라(220)는 군집 상태에서 직선 상태로 회복하지 못하고, N-HAP 450보다 높은 가교제 농도를 가진 필라(220)는 기둥의 강한 복원력으로 인해 군집현상을 나타내지 않는 것을 확인할 수 있다.

[0085] 도 8은 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이에 있어서, 고온에서 가교제의 농도에 따른 필라(220)의 거동을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.

[0086] 도 8은 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면에 포함된 가교제의 농도가 75mg(이하, N-HAP 75), 150mg(이하, N-HAP 150), 225mg(이하, N-HAP 225), 300mg(이하, N-HAP 300), 375mg(이하, N-HAP 375), 450mg(이하, N-HAP 450)인 경우의 예시를 도시하며, 고온(80° C)에서 가교제의 농도별 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 부피 및 탄성 계수의 변화를 도시한다.

[0087] 도 8과 같이, 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면은 80 ° C의 고온상태에서 물의 증발이 빠르게 이루어지므로, 측정 주기는 5초로 설정한다.

[0088] 먼저, N-HAP 75, N-HAP 150 및 N-HAP 225는 소수의 가교제만을 포함하므로, 모세관 작용으로 인해 상당한 클러스터링을 나타냈으며, 물이 완전히 증발된 경우(5s)에도 N-HAP 75는 군집현상을 유지하는 것을 확인할 수 있으며, N-HAP 150 및 N-HAP 225는 또한, N-HAP 75와 비슷한 양상을 보이는 것을 확인할 수 있다.

[0089] N-HAP 300의 경우, 물의 분사시에는 군집현상을 나타내었으나, 물이 증발함에 따라(5s) 건조된 후에는 필라(220)가 군집현상에서 해제되어 직선 상태로 회복하는 것을 확인할 수 있다.

[0090] N-HAP 375 및 N-HAP 375의 경우, 모세관력보다 복원력이 크기 때문에 물의 분사 후(0s) 모세관 작용하에서 직선형을 유지하는 것을 확인할 수 있다.

[0091] 결과적으로, 온도 및 습도를 조절하여 자발적이며 가역적인 필라(220)의 군집 및 군집 해제가 가능한 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면을 제작할 수 있으며, 이는 표면의 투명성을 조절할 수 있게 됨으로써 선택적으로 광학 특성을 조정하여 사용처에 따라 필요한 표면을 시각화할 수 있을 뿐만 아니라, 군집 상태에서는 필라(220) 내측에 미세 구조체들을 보관하고, 이후 군집 상태를 해제하여 미세 구조체를 이동시킬 수 있는 마이크로 그리퍼로 활용할 수 있게 된다.

[0092] 도 9를 참조하여 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이가 마이크로 그리퍼로 활용되는 예시를 상세하게 설명하면 다음과 같다.

[0093] 도 9는 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 제작방법으로 제작된 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이가 마이크로 그리퍼로 활용되는 예시를 도시한 도면이다.

[0094] 도 9의 도시와 같이, 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이는 미세 유체 장치에 삽입되어 특정 크기의 미세 구조체들을 보관하고, 필요에 따라 방출하는 마이크로 그리퍼의 역할을 수행한다.

[0095] 구체적으로, 도 9의 (a)는 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이(1000)가 장착된 미세 유체 장치의 개략도를 도시한 도면으로, 상기 필라(220)는 온도가 높을때는 미세 구조체(P)를 잡지 않고, 온도가 낮을 때 미세 파티클(P)을 잡는 역할을 수행한다.

[0096] 도 9의 (b) 내지 (e)는 온도에 따른 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이의 광학 현미경 이미지이다.

[0097] 도 9의 (b)에서는 미세 유체 장치에 미세 파티클(P)과 80℃ 온도의 물을 주입하며, 이 과정에서 상기 미세 파티클(P)은 상기 필라(220) 사이에 위치하게 된다.

[0098] 이후, 도 9의 (c)에서 20℃ 온도의 물을 미세 유체 장치에 주입하여 상기 필라(220)가 팽창함과 동시에 단부가 군집됨에 따라, 상기 필라(220) 사이에 배치된 상기 미세 파티클(P, 화살표 표시된 미세 파티클)이 군집된 상기 필라(220) 사이에 저장된다.

[0099] 이때, 미세 유체 장치에 주입되는 20℃ 온도의 물의 유속은 상기 미세 파티클(P)이 상기 미세 유체 장치로부터 적어도 일부만 씻겨 나갈 만큼의 낮은 유속인 것이 바람직하다.

[0100] 도 9의 (d)에서는 추가로 20℃ 온도의 물을 주입하여 상기 필라(220) 사이에 저장되지 않은 미세 파티클(P, 점선 원 내부에 배치된 미세 파티클)을 씻어낸다.

[0101] 마지막으로, 도 9의 (e)에서는 80℃ 온도의 물을 미세 유체 장치에 주입하여 상기 필라(220)가 수축함과 동시에 단부의 군집이 해제됨에 따라, 상기 필라(220) 사이에 저장된 미세 파티클(P)이 방출된다.

[0102] 이때, 미세 유체 장치에 주입되는 80℃ 온도의 물의 유속은 상기 미세 파티클(P)이 상기 미세 유체 장치로부터 씻겨 나갈 만큼의 높은 유속인 것이 바람직하다.

[0103] 도 9를 참조하여 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이를 갖는 표면의 제작방법으로 제작된 본 발명에 따른 고종횡비 마이크로 필라 어레이가 군집 상태에서는 필라(220) 내측에 미세 구조체(P)들을 보관하고, 이후 군집 상태를 해제하여 미세 구조체(P)를 이동시킬 수 있는 마이크로 그리퍼로 활용할 수 있게 된다.

[0104] 상술한 바와 같이 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며, 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시예들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어서는 안 될 것이다.

부호의 설명

[0105] 100: 지지층

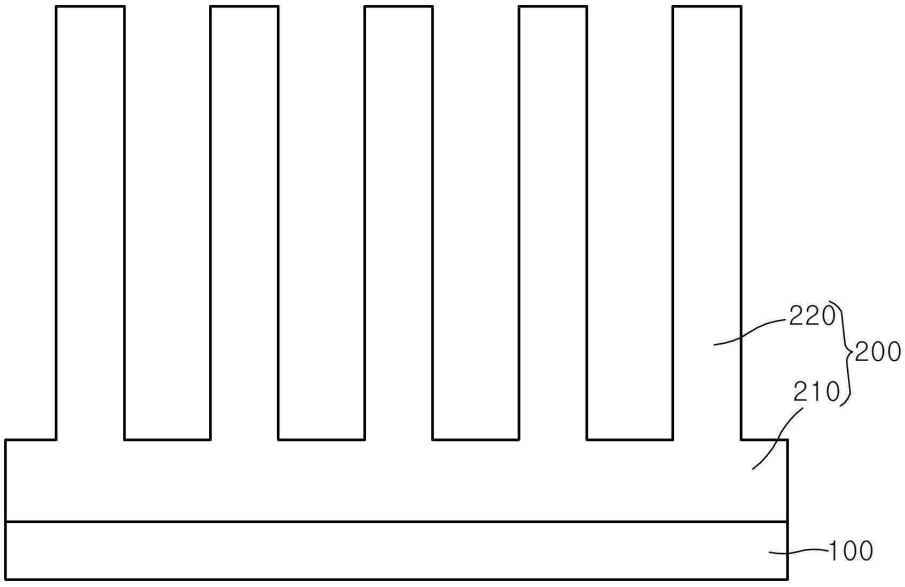
200: 필라 어레이층

210: 베이스부

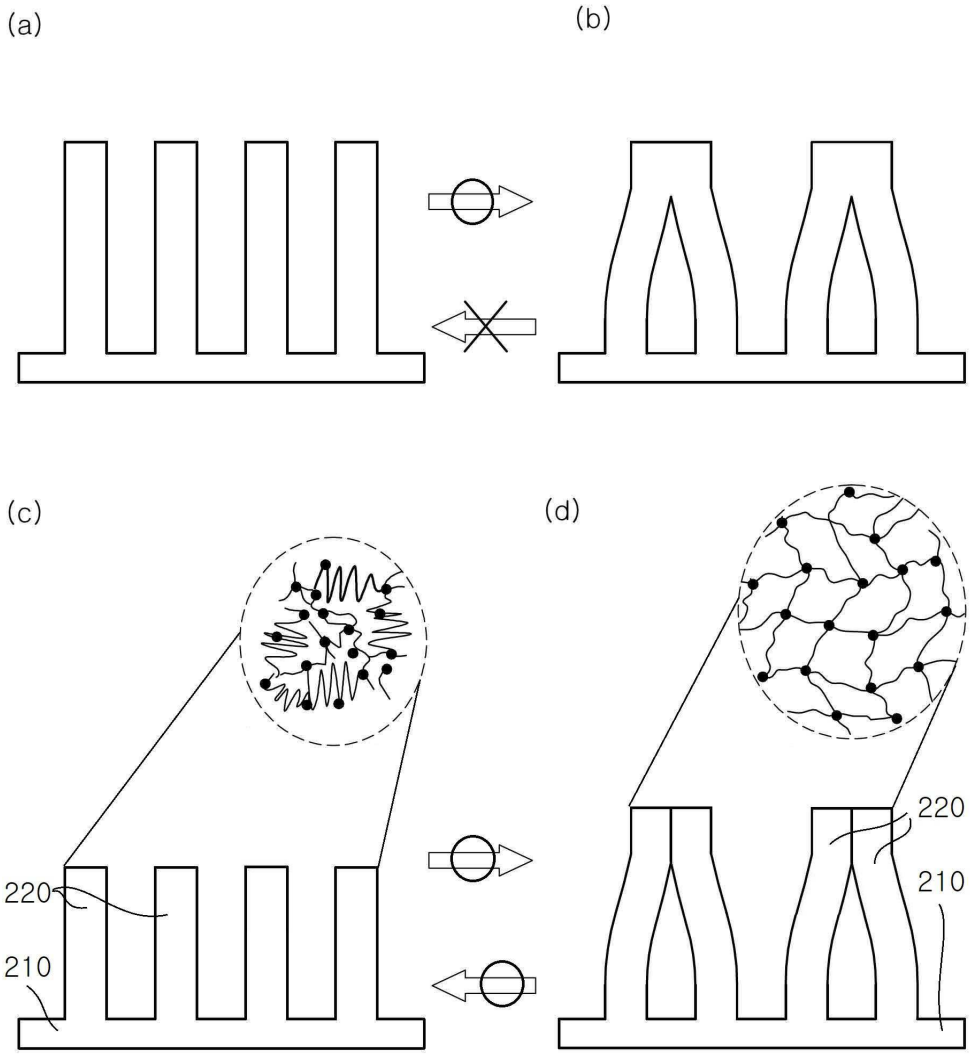
220: 필라

도면

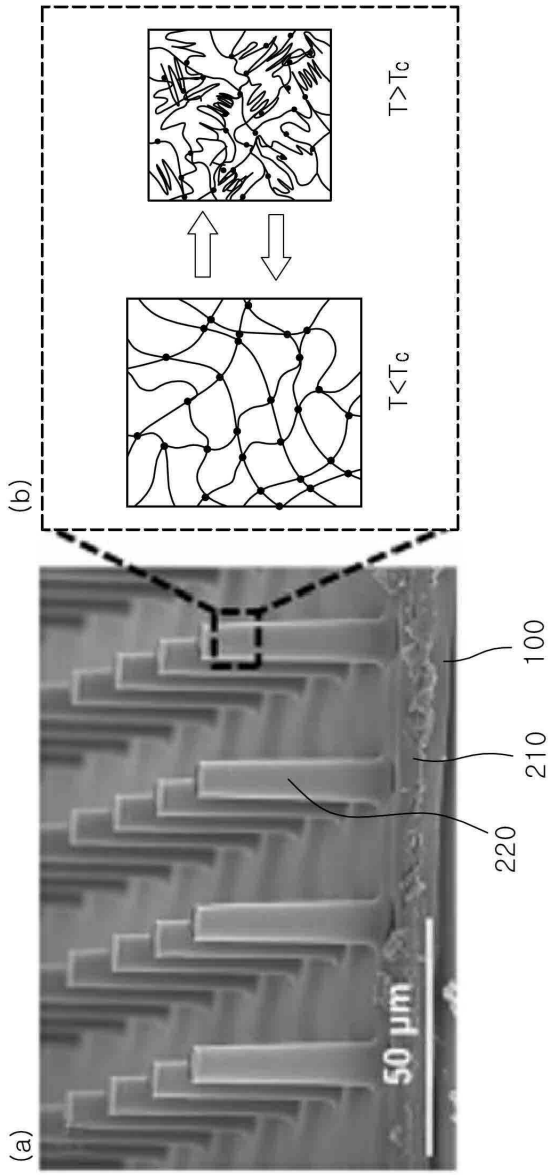
도면1



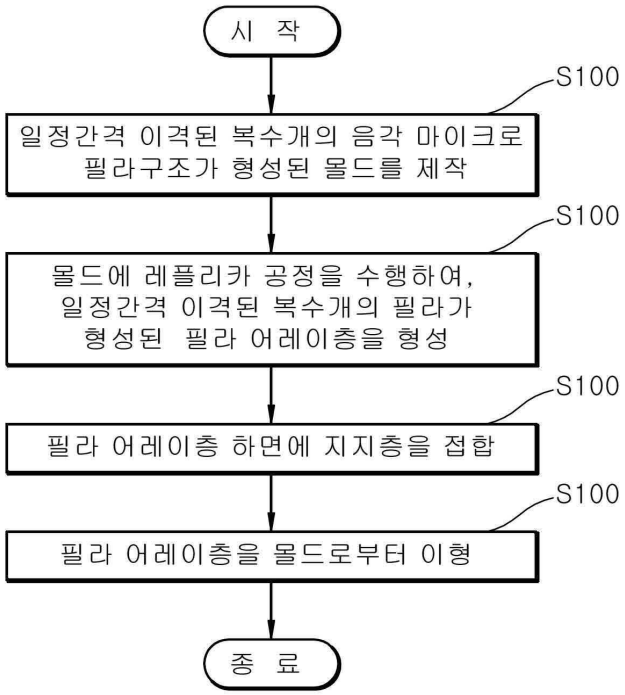
도면2



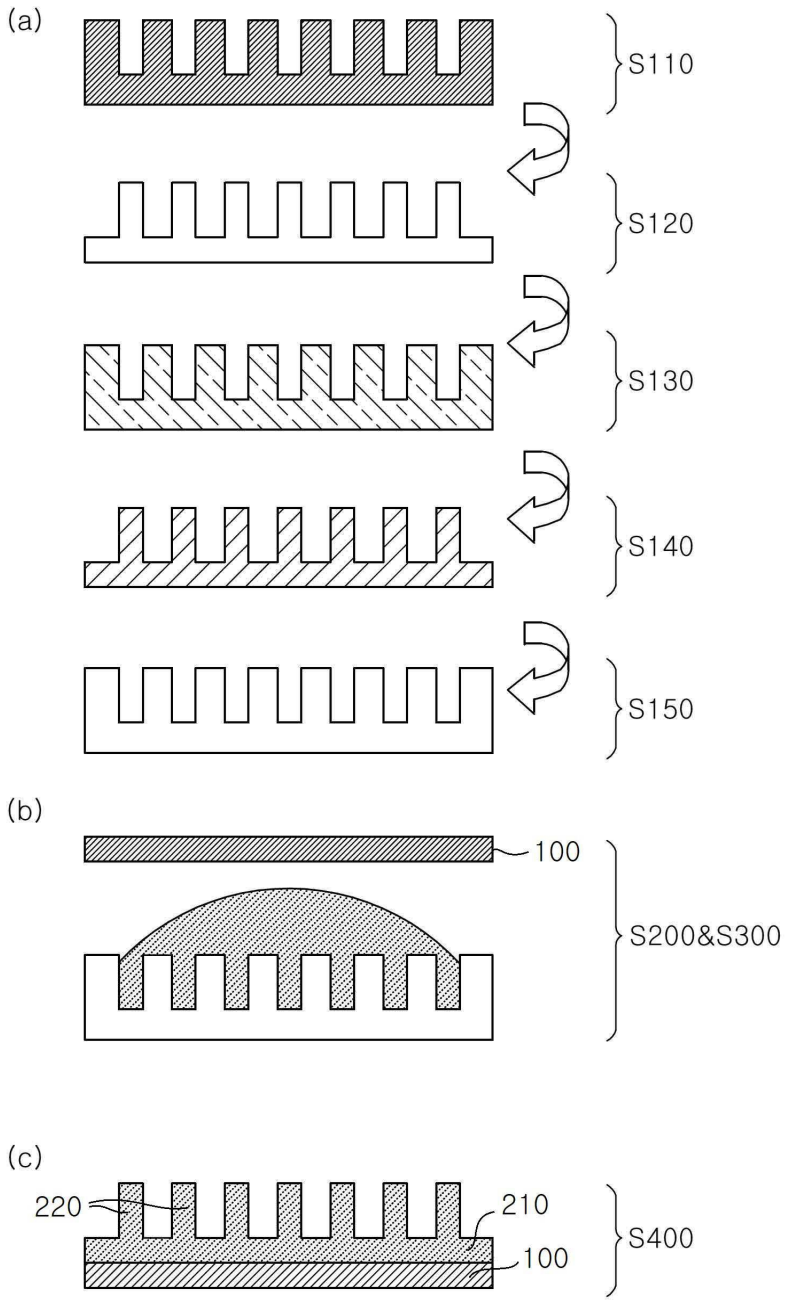
도면3



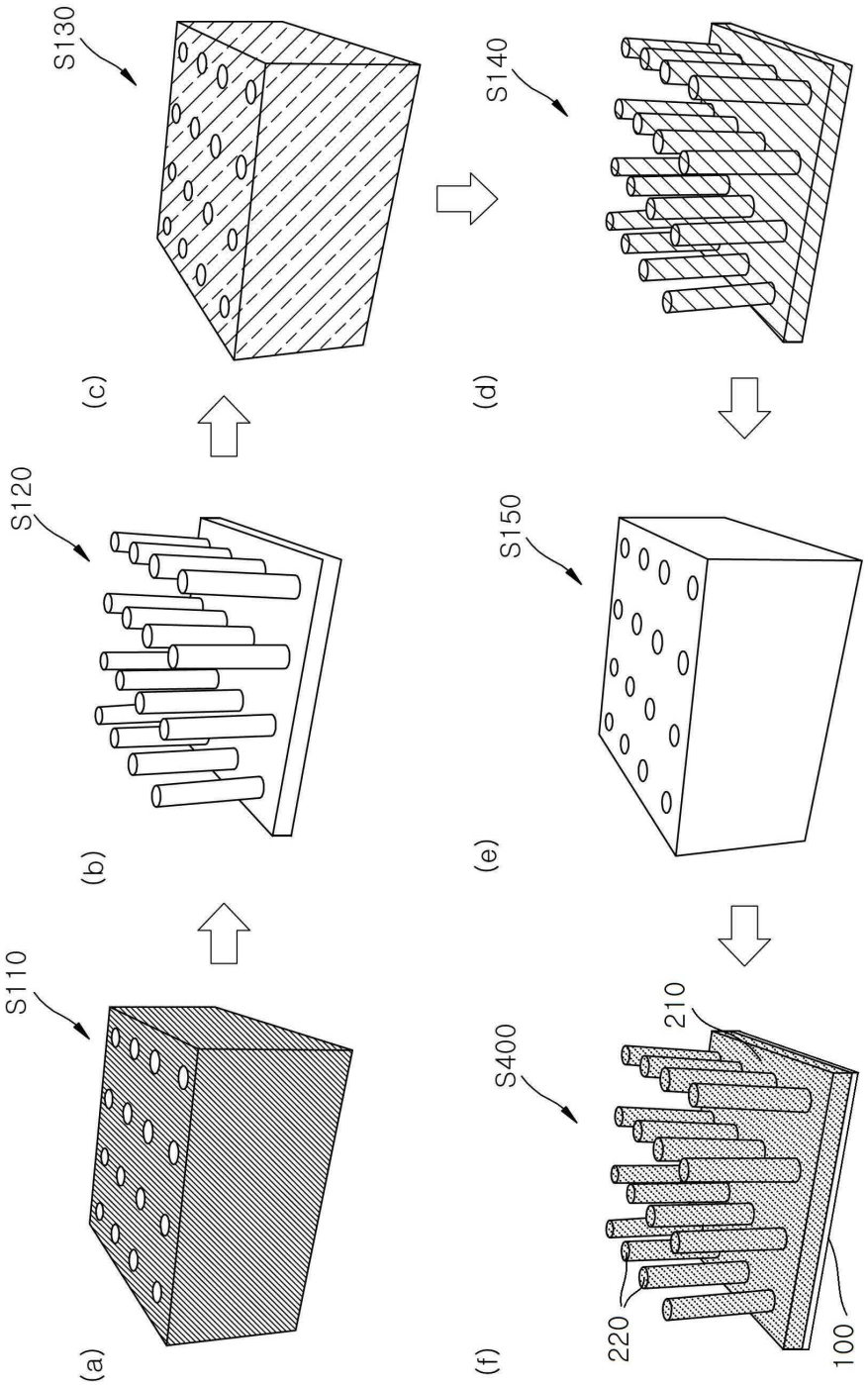
도면4


시 작
S100
일정간격 이격된 복수개의 음각 마이크로 필라구조가 형성된 몰드를 제작
S100
몰드에 레플리카 공정을 수행하여, 일정간격 이격된 복수개의 필라가 형성된 필라 어레이층을 형성
S100
필라 어레이층 하면에 지지층을 접합
S100
필라 어레이층을 몰드로부터 이형
종 료

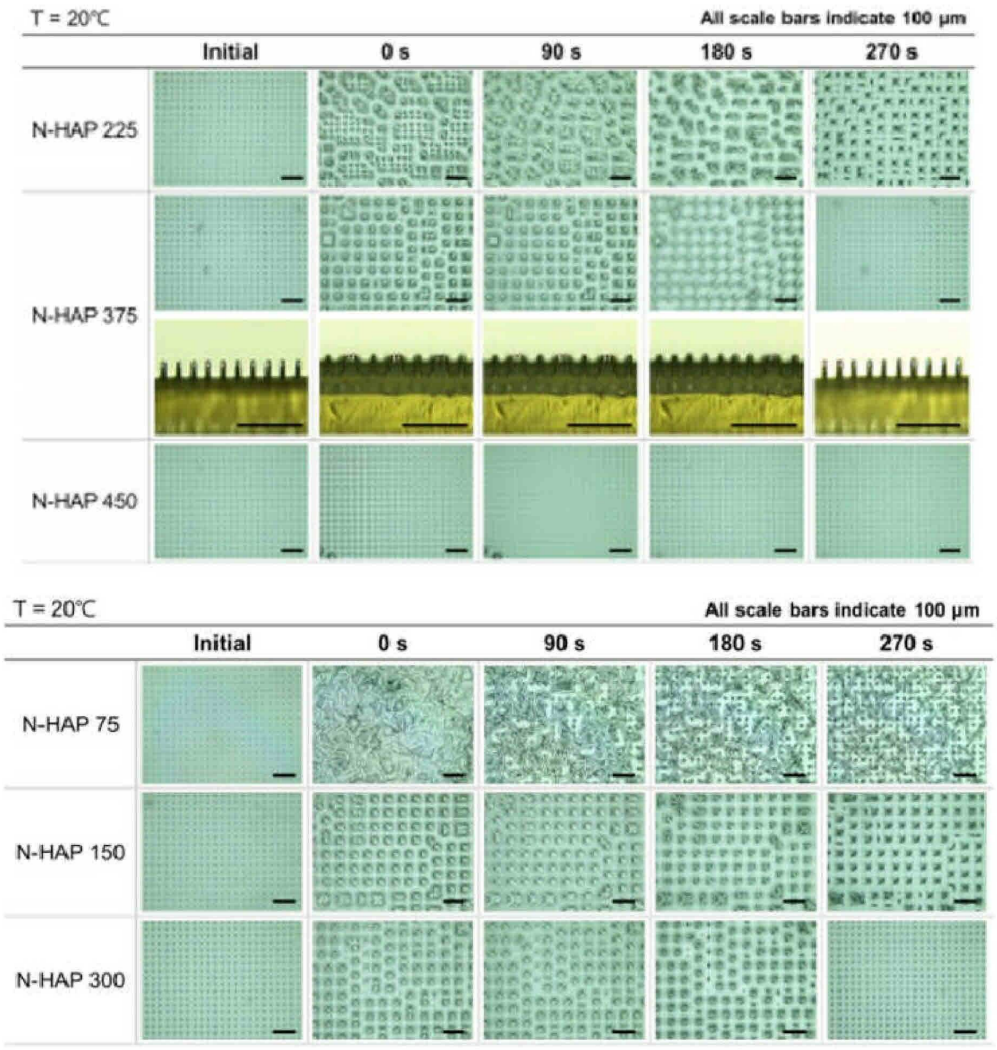
도면5



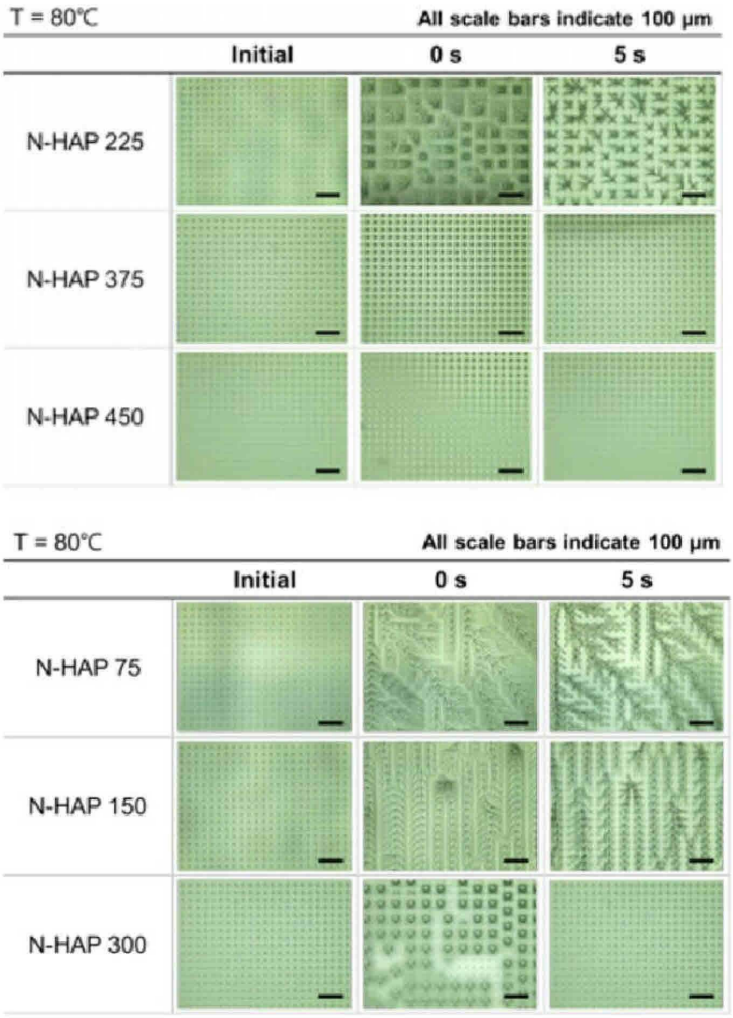
도면6



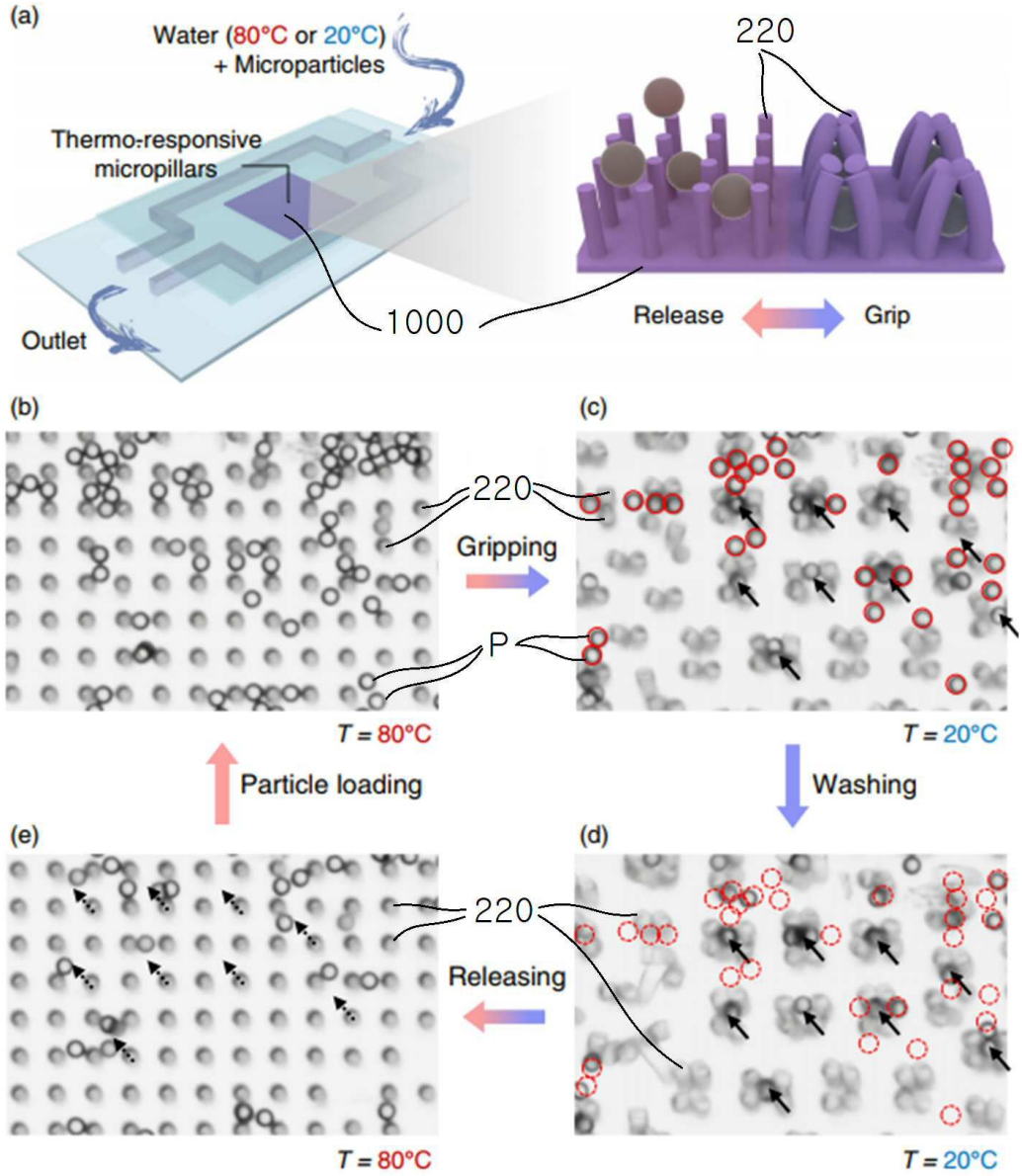
도면7


T = 20℃
All scale bars indicate 100 μm
Initial
0 s
90 s
180 s
270 s
N-HAP 225
N-HAP 375
N-HAP 450
T = 20℃
All scale bars indicate 100 μm
Initial
0 s
90 s
180 s
270 s
N-HAP 75
N-HAP 150
N-HAP 300

도면8


T = 80℃
All scale bars indicate 100 μm
Initial
0 s
5 s
N-HAP 225
N-HAP 375
N-HAP 450
T = 80℃
All scale bars indicate 100 μm
Initial
0 s
5 s
N-HAP 75
N-HAP 150
N-HAP 300

도면9


(a)
Water (80°C or 20°C)
+ Microparticles
Thermo-responsive
micropillars
1000
Outlet
220
Release
Grip
(b)
220
Gripping
P
T = 80°C
(c)
T = 20°C
Particle loading
Washing
(e)
220
Releasing
T = 80°C
(d)
T = 20°C