



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0015505
(43) 공개일자 2025년02월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C08J 5/18 (2006.01) B29C 33/38 (2018.01)
B29C 39/14 (2006.01) B29C 59/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C08J 5/18 (2021.05)
B29C 33/3842 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0097017
(22) 출원일자 2023년07월25일
심사청구일자 2023년07월25일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
강성민
부산광역시 해운대구 해운대로 550, 1동 3001호
(우동, 해운대한신휴플러스)
안준형
대전광역시 유성구 배울2로 78, 612동 2302호 (관
평동, 대덕테크노밸리6단지아파트)
(74) 대리인
이재명

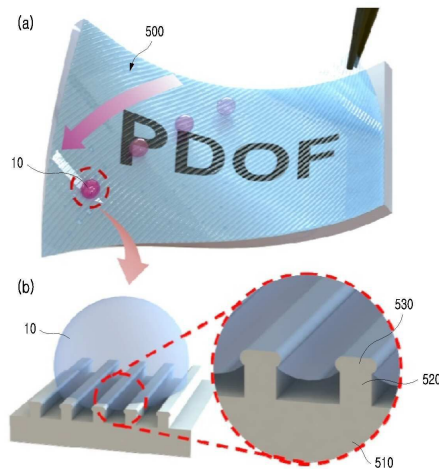
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 액적 흐름 제어필름 및 액적 흐름 제어필름 제작방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시 예는 상단에 곡부를 구비하는 버섯 형상의 마이크로 구조체인 버섯유닛을 포함하는 제어필름을 형성하여 액적의 이동을 제어하는 기술을 제공한다. 본 발명의 실시 예에 따른 액적 흐름 제어필름 및 액적 흐름 제어필름 제작방법은 판 형상으로 형성되는 베이스층; 상기 베이스층으로부터 돌출되어 형성되고 기둥 형상으로 형성되는 기둥부; 및 상기 기둥부의 상면에 형성되는 헤드부를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B29C 39/148 (2013.01)

B29C 59/022 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

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

명세서

청구범위

청구항 1

표면 상 액적의 유동 방향을 제어하는 액적 흐름 제어필름에 있어서,
 판 형상으로 형성되는 베이스층;
 상기 베이스층으로부터 돌출되어 형성되고 기둥 형상으로 형성되는 기둥부; 및
 상기 기둥부의 상면에 형성되는 헤드부를 포함하고,
 상기 기둥부 및 상기 헤드부가 복수개 이격되어 형성되어 액적의 흐름을 제어하는 것을 특징으로 하는 액적 흐름 제어필름.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
 상기 헤드부는,
 상기 기둥부 상부면에 결합되며 판형상으로 형성되는 헤드중앙체; 및
 상기 헤드중앙체 양 측면에 각기 돌출되어 형성되는 헤드측면체를 포함하는 것을 특징으로 하는 액적 흐름 제어필름.

청구항 3

청구항 2에 있어서,
 상기 헤드측면체의 상기 기둥부의 길이방향에 수직한 단면 형상은 반타원 또는 반원 중 선택되는 어느 하나의 형상으로 형성되는 것을 특징으로 하는 액적 흐름 제어필름.

청구항 4

청구항 1에 있어서,
 상기 베이스층 상기 기둥부 및 상기 헤드부의 재질은 펄플루오르폴리에테르 (PFPE, Perfluoropolyether), 폴리다이메틸실록산(PDMS, polydimethylsiloxane), 폴리우레탄아크릴레이트(PUA, Polyurethane Acrylate), 폴리염화비닐(PVC, Polyvinyl chloride), 에틸렌비닐아세테이트(EVA, Ethylene Vinyl Acetate), 폴리에틸렌(PE, polyethylene), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN, polyethylenenaphthalate), 폴리프로필렌(PP, polypropylene), 폴리올레핀(PO, polyolefin), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA, Polymethylmethacrylate), 폴리스티렌(PS, Polystyrene), 니트로셀룰로오스(nitrocellulose), 아세틸셀룰로오스(acetyl cellulose), 폴리카보네이트(PC, polycarbonate) 및 노아(NOA, Norland Optical Adhesive)로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 이상의 재질로 형성되는 것을 특징으로 하는 액적 흐름 제어필름.

청구항 5

청구항 1 내지 4 중 선택되는 어느 한 항에 따른 액적 흐름 제어필름 제작방법에 있어서,
 (a) 홈 형상으로 형성되는 버섯유닛을 구비하는 제3몰드를 형성하는 단계;

- (b) 상기 제3몰드에 고분자 물질을 채우고, 상기 고분자 물질 상부에 고정필름을 위치시킨 후 경화시켜 버섯유타 및 베이스층을 포함하는 제어필름을 형성하는 형성단계; 및
- (c) 상기 고정필름을 이용하여 상기 몰드와 상기 제어필름을 분리시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 액적 흐름 제어필름 제작방법.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 (a)단계는,

- (a1) 제1재료로 형성되며, 복수개의 제1음각버섯구조가 형성되는 제1몰드가 형성되는 단계;
- (a2) 상기 제1몰드에 제2재료를 주입하고 경화하여 복수개의 제1양각버섯구조가 형성되는 제2몰드가 형성되는 단계; 및
- (a3) 상기 제2몰드에 제3재료를 주입하고 경화하여 복수개의 제2음각버섯구조가 형성되는 제3몰드가 형성되는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 액적 흐름 제어필름 제작방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 (a3)단계는,

상기 제3몰드는, 상기 제3몰드 하부면에 결합되며, 관형상으로 형성되는 강판과 결합되는 것을 특징으로 하는 액적 흐름 제어필름 제작방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 (b)단계는,

- (b1) 제4재료가 상기 제3몰드에 분사되는 단계;
- (b2) 상기 제4재료 상부면에 보조필름이 위치되는 단계; 및
- (b3) 상기 제4재료가 UV경화되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 액적 흐름 제어필름 제작방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 (b2)단계는,

상기 보조필름은 상기 제4재료와 산소가 접촉되는 것을 방지하는 것을 특징으로 하는 액적 흐름 제어필름 제작방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 (c)단계는,

- (c1) 상기 제3몰드와 상기 강판이 분리되는 단계;
- (c2) 상기 제어필름과 상기 보조필름이 분리되는 단계; 및
- (c3) 상기 제어필름과 상기 제3몰드가 분리되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 액적 흐름 제어필름 제작 방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 보조필름의 탄성계수는 상기 제3몰드 및 상기 제어필름보다 높게 형성되는 것을 특징으로 하는 액적 흐름 제어필름 제작방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 액적 흐름 제어필름 및 액적 흐름 제어필름 제작방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 상단에 곡부를 구비하는 버섯 형상의 마이크로 구조체인 버섯유닛을 포함하는 제어필름을 형성하여 액적의 이동을 제어하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 일반적으로 발수성과 발유성이란 각각 물과 기름에 젖기 어려운 성질을 뜻하는 것이며, 초발수성과 초발유성이란 해당 분야에서 고체의 표면에 접촉한 물의 접촉각이 150° 이상, 오일에 대한 접촉각이 150° 이상에 해당하는 것으로 정의된다.
- [0004] 다시 말해, 초발수 성질 (super-hydrophobicity)과 초발유 성질 (super-oleophobicity)은 물체의 표면이 각각 물과 오일에 극히 젖기 어려운 물리적 특성으로, 최근에 물에 대한 접촉각이 150° 이상인 초발수성 표면은 기본적인 연구 및 실제적인 응용 모두에서의 중요성 때문에 상당한 관심을 끌어왔으며, 이러한 표면을 구현하기 위해 자연에서 볼 수 있는 초발수, 초발유 특성의 표면을 착안하여 연구를 진행해왔다.
- [0005] 예를 들어, 식물의 잎, 곤충의 날개 또는 새의 날개는 외부의 어떠한 오염물질이 특별한 제거 작업 없이 제거되거나 처음부터 오염이 되지 않게 하는 특성을 지니고 있다. 이것은 식물의 잎, 곤충의 날개, 새의 날개 등이 초발수 또는 초발유 성질을 지니고 있기 때문이다.
- [0006] 이러한 초발수, 초발유 특성을 이용한 액적의 흐름 특성을 제어하는 필름은 액체 조작, 수집, 표면 오염 방지 등의 기능을 수행하여 엔지니어링 어플리케이션 개발에 중요한 역할을 하고 있으며, 미세 유체 플랫폼 등과 같이 정확한 생물학적 또는 화학적 분석을 수행하기 위하여, 물, 기름 등을 포함하는 다양한 액체에 대하여 표면 상에서 액적의 속도를 제어하는 기술이 요구되고 있다.
- [0007] 또한, 최근 스마트 디바이스의 투명 패널, 일회용 PCR 테스터 및 개인 향균 소지품 등과 같은 개인 위생 및 녹색 기술에서 휴대 가능하고 투명한 얇은 스티커 형태의 방향성 전지 필름의 필요성이 대두되고 있다.
- [0008] 대한민국 등록특허 제 10-2154907 호(발명의 명칭: 나노-마이크로 구조체 및 그 형성 방법)에는 기둥 형상의 바디부; 상기 바디부 위에 배치되고 상기 바디부보다 폭이 큰 헤드부; 및 상기 헤드부 위에 배치되는 헤드부 보조층을 포함하고, 상기 헤드부 보조층의 가장자리 부분은 상기 헤드부의 가장자리에 대하여 경사지도록 상기 헤드부의 가장자리로부터 신장하여 위 또는 아래로 휘는 것을 특징이 개시되어 있다.
- [0009] 그러나 이러한 종래 기술은 미세 구조를 사용하여 액적 흐름에 방향성을 부여하는 표면은 방향성 성질을 위해 표면과 액체의 접촉 면적이 증가하기 때문에 초소수성 성질을 유지하기 어렵다. 또한 PDMS로 형성되어 낮은 표면적을 가지는 용매를 흡수하여 부풀 수 있다. 특히 에탄올과 같이 낮은 표면장력을 갖는 액체는 쉽게 젖는 한계가 있다. 이로 인해, 낮은 표면장력을 구비하는 다양한 액적이 젖지 않고 흐르는 옴니포빅 성질을 동시에 구

비하는 스티커형 투명 필름이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제 10-2154907 호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은, 표면장력이 낮은 복수의 액체에 젖지 않는 옴니포빅 성질을 구비하는 스티커형 투명 필름을 형성하는 것이다.
- [0013] 또한, 본 발명의 목적은, 오일과 같은 점성 있는 액체가 표면에 위치될 시, 표면에 잔여물을 남기지 않는 스티커형 투명 필름을 형성하는 것이다.
- [0014] 또한, 본 발명의 목적은, 표면에 미세 라인 구조를 형성하여 액적이 흐르는 방향을 조절하는 것이다.
- [0015] 또한, 본 발명의 목적은, 별도의 접착제 없이 굴곡이 있는 다양한 표면에 간단히 부착하는 스티커형 투명 필름을 형성하는 것이다.
- [0016] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0018] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 구성은, 판 형상으로 형성되는 베이스층; 상기 베이스층으로부터 돌출되어 형성되고 기둥 형상으로 형성되는 기둥부; 및 상기 기둥부의 상면에 형성되는 헤드부를 포함하고, 상기 기둥부 및 상기 헤드부가 복수개 이격되어 형성되어 액적의 흐름을 제어하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 헤드부는, 상기 기둥부 상부면에 결합되며 판형상으로 형성되는 헤드중앙체; 및 상기 헤드중앙체 양 측면에 각각 돌출되어 형성되는 헤드측면체가 포함될 수 있다.
- [0020] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 헤드측면체의 상기 기둥부의 길이방향에 수직한 단면 형상은 반타원 또는 반원 중 선택되는 어느 하나의 형상으로 형성될 수 있다.
- [0021] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 베이스층 상기 기둥부 및 상기 헤드부의 재질은 퍼플루오르폴리에테르(PFPE, Perfluoropolyether), 폴리다이메틸실록산(PDMS, polydimethylsiloxane), 폴리우레탄아크릴레이트(PUA, Polyurethane Acrylate), 폴리염화비닐(PVC, Polyvinyl chloride), 에틸렌비닐아세테이트(EVA, Ethylene Vinyl Acetate), 폴리에틸렌(PE, polyethylene), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN, polyethylenenaphthalate), 폴리프로필렌(PP, polypropylene), 폴리올레핀(PO, polyolefin), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA, Polymethylmethacrylate), 폴리스티렌(PS, Polystyrene), 니트로셀룰로오스(nitrocellulose), 아세틸셀룰로오스(acetyl cellulose), 폴리카보네이트(PC, polycarbonate) 및 노아(NOA, Norland Optical Adhesive)로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 이상의 재질로 형성될 수 있다.
- [0022] 본 발명의 실시 예에 있어서, 액적 흐름 제어필름 제작방법에 있어서, (a) 홈 형상으로 형성되는 버섯유닛을 구비하는 제3몰드를 형성하는 단계; (b) 상기 제3몰드에 고분자 물질을 채우고, 상기 고분자 물질 상부에 고정필름을 위치시킨 후 경화시켜 버섯유닛 및 베이스층을 포함하는 제어필름을 형성하는 형성단계; 및 (c) 상기 고정필름을 이용하여 상기 몰드와 상기 제어필름을 분리시키는 단계;가 포함될 수 있다.
- [0023] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 (a)단계는, (a1) 제1재료로 형성되며, 복수개의 제1음각버섯구조가 형성되는 제1몰드가 형성되는 단계; (a2) 상기 제1몰드에 제2재료를 주입하고 경화하여 복수개의 제1양각버섯구조가 형성

되는 제2몰드가 형성되는 단계; 및 (a3) 상기 제2몰드에 제3재료를 주입하고 경화하여 복수개의 제2음각버섯구조가 형성되는 제3몰드가 형성되는 단계;가 포함될 수 있다.

[0024] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 (a3)단계는, 상기 제3몰드는, 상기 제3몰드 하부면에 결합되며, 관형상으로 형성되는 강판과 결합될 수 있다.

[0025] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 (b)단계는, (b1) 제4재료가 상기 제3몰드에 분사되는 단계; (b2) 상기 제4재료 상부면에 보조필름이 위치되는 단계; 및 (b3) 상기 제4재료가 UV경화되는 단계가 포함될 수 있다.

[0026] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 (b2)단계는, 상기 보조필름은 상기 제4재료와 산소가 접촉되는 것을 방지될 수 있다.

[0027] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 (c)단계는, (c1) 상기 제3몰드와 상기 강판이 분리되는 단계; (c2) 상기 제어필름과 상기 보조필름이 분리되는 단계; 및 (c3) 상기 제어필름과 상기 제3몰드가 분리되는 단계가 포함될 수 있다.

[0028] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 보조필름의 탄성계수는 상기 제3몰드 및 상기 제어필름보다 높게 형성될 수 있다.

발명의 효과

[0030] 상기와 같은 구성에 따른 본 발명의 효과는, 표면장력이 낮은 복수의 액체에 젖지 않는 옴니포빅 성질을 구비하는 스티커형 투명 필름을 형성하는 장점이 있다.

[0031] 또한, 본 발명의 효과는, 오일과 같은 점성 있는 액체가 표면에 위치될 시, 표면에 잔여물을 남기지 않는 스티커형 투명 필름을 형성하는 장점이 있다.

[0032] 또한, 본 발명의 효과는, 표면에 미세 라인 구조를 형성하여 액적이 흐르는 방향을 조절하는 장점이 있다.

[0033] 또한, 본 발명의 효과는, 별도의 접착제 없이 굴곡이 있는 다양한 표면에 간단히 부착하는 스티커형 투명 필름을 형성하는 장점이 있다.

[0034] 본 발명의 효과는 상기한 효과로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 상세한 설명 또는 특허청구범위에 기재된 발명의 구성으로부터 추론 가능한 모든 효과를 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

도면의 간단한 설명

[0036] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 제어필름의 개략도 및 확대도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 제어필름의 베이스층, 기둥부 및 헤드부를 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 기둥사이거리에 따른 복수개의 제어필름을 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 제어필름의 평행 및 수직 방향으로의 액적과 버섯유닛의 접촉각을 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 종래의 제어필름과 본원발명의 제어필름을 비교한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 제어필름의 유연도를 나타낸 그림이다.

도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 제어필름의 수직 및 평행 방향으로의 액적의 이동 및 표면장력 차이에 따른 동일 경사각에서의 액적의 이동을 나타낸 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 액적의 이동방향을 제어하는 제어필름을 나타낸 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 PDMS 및 PEPE의 잔여정도, 스웰링, 강성을 나타낸 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시 예에 따른 액적의 수직 및 수평 방향에 따른 복수개의 액적에 따른 슬라이딩각 및 접촉각을 나타낸 그래프이다.

도11은 본 발명의 일 실시 예에 따른 PEPE 재질의 접착력 및 투과율을 나타낸 도면이다.

도 12는 본 발명의 일 실시 예에 따른 제어필름의 제작 방법을 나타낸 방법도이다.

도 13은 본 발명의 일 실시 예에 따른 몰드의 제작 방법을 나타낸 방법도이다.

도 14는 본 발명의 일 실시 예에 따른 몰드 및 제어필름의 접착력을 나타낸 도면이다.

도 15는 본 발명의 일 실시 예에 따른 제3몰드와 제어필름 분리시 응력을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0037] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 따라서 여기에서 설명하는 실시 예로 한정되는 것은 아니다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0038] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결(접속, 접촉, 결합)"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 부재를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 구비할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0039] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0040] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명에 대하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0042] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 제어필름(500)의 개략도 및 확대도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 제어필름(500)의 베이스층(510), 기둥부(520) 및 헤드부(530)를 나타낸 도면이며, 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 기둥사이거리에 따른 복수개의 제어필름(500)을 나타낸 도면이다.
- [0043] 도 1 내지 도 3에서 보는 바와 같이, 액적 흐름 제어필름(500)은, 판 형상으로 형성되는 베이스층(510), 베이스층(510)으로부터 돌출되어 형성되고 베이스층(510) 표면에 수평한 일 방향으로 길이가 연장되는 기둥 형상으로 형성되는 기둥부(520) 및 기둥부(520)의 상면에 형성되는 헤드부(530)를 포함할 수 있다. 제어필름(500)은 투명하고, 유연하며, 표면장력이 낮은 복수 종류의 액체에 젖지않고, 점성 있는 액체가 표면에 위치될 시 표면에 잔여물을 남기지 않으며, 표면에 버섯유닛이 복수개 이격되어 형성되는 미세 라인 구조를 형성하여 액적의 흐름 방향을 조절할 수 있다.
- [0044] 베이스층(510)은 판형상으로 형성될 수 있으며, 베이스층(510)의 지면으로부터 수직인 방향으로의 길이인 베이스층(510)높이(H₂)는 약 10 μm 내지 40 μm로 바람직하게 26 μm로 형성될 수 있다.
- [0045] 베이스층(510)은 펄플루오르폴리에테르 (PFPE, Perfluoropolyether) 재질로 형성될 수 있으며, 베이스층(510)이 펄플루오르폴리에테르로 형성되어 별도의 접착제 없이 평판 및 굴곡이 있는 다양한 재질로 형성되는 표면에 용이하게 부착될 수 있다.
- [0046] 베이스층(510) 상부면에는 베이스층(510) 상부면으로부터 돌출되어 형성되며, 기둥부(520) 및 헤드부(530)를 포함하여 버섯형상으로 형성되는 버섯유닛이 형성될 수 있다. 버섯유닛은 베이스층(510)과 동일한 재질로 형성될 수 있으며, 바람직하게 펄플루오르폴리에테르로 형성될 수 있다. 이로 인해 펄플루오르폴리에테르가 높은 불소기로 구성되어 낮은 표면에너지를 구비하는 화학적으로 안정된 고분자로 형성되어 표면장력이 낮은 복수의 액적의 재질에 젖지 않고 액적의 이동을 제어할 수 있으며, 오일과 같은 점성 있는 액체가 표면에 위치될 시 표면에 잔여물이 남는 것을 방지할 수 있다.
- [0047] 베이스층(510)의 상부면에서 베이스층(510)으로부터 상부방향으로 돌출되어 형성되는 기둥부(520)는 베이스층(510)의 인접하여 형성되지 않는 하나의 모서리로부터 다른 모서리까지 기둥 형상이 연장되어 길게 형성될 수

있으며, 기둥부(520)는 하나의 베이스층(510)에 복수개 이격되어 형성될 수 있다. 이때, 하나의 기둥부(520)와 다른 기둥부(520) 사이의 이격거리는 모두 동일하게 형성될 수 있으며, 도 3에서 보는 바와 같이 하나의 기둥부(520)와 다른 기둥부(520) 사이의 이격거리인 기둥사이거리(S)는 10 μm 내지 130 μm 로 형성될 수 있으며, 기둥부(520)의 길이방향과 수직한 방향으로의 길이인 기둥너비(W)는 10 μm 내지 30 μm 로 형성될 수 있으며 바람직하게 20 μm 로 형성될 수 있고, 기둥부(520)의 베이스층(510)으로부터 수직한 방향으로의 길이인 기둥높이(H₁)는 약 10 μm 내지 40 μm 로 바람직하게 30 μm 로 형성될 수 있다. 이로 인해 베이스층(510)높이(H₂)와 기둥높이(H₁)의 합인 베이스층(510) 하부면으로부터 기둥부(520)의 최상단부 사이의 높이는 20 μm 내지 80 μm 로 형성될 수 있으며, 바람직하게 56 μm 으로 형성될 수 있다. 이로 인해 제어필름(500)이 미세구조인 버섯유닛이 용이하게 형성된 얇은 두께의 필름임을 확인할 수 있다.

[0048] 도 3에서 보는 바와 같이, 제어필름(500)의 하나의 기둥부(520)와 다른 기둥부(520)의 이격거리인 기둥사이거리(S)는 복수개의 실시예인 샘플을 구비할 수 있으며, 도 3(a)에서 보는 바와 같이 기둥사이거리(S)는 20 μm 로 형성될 수 있고, 도 3(b)에서 보는 바와 같이 기둥사이거리(S)는 40 μm 로 형성될 수 있으며, 도 3(c)에서 보는 바와 같이 기둥사이거리(S)는 60 μm 로 형성될 수 있고, 도 3(d)에서 보는 바와 같이 기둥사이거리(S)는 80 μm 로 형성될 수 있으며, 도 3(e)에서 보는 바와 같이 기둥사이거리(S)는 100 μm 로 형성될 수 있고, 도 3(f)에서 보는 바와 같이 기둥사이거리(S)는 120 μm 로 형성될 수 있다. 이때, 기둥사이거리(S)와 기둥너비(W) 사이의 비율을 간격비율(SR)이라 할 수 있다. 간격비율(SR)은 기둥사이거리(S)를 기둥너비(W)로 나눈 값으로 나타낼 수 있다. 간격비율(SR)이 증가될 시 평행방향과 수직방향 모두 액적의 접촉각(CA)이 증가될 수 있다.

[0049] 베이스층(510) 상부면에는 헤드부(530)가 결합될 수 있으며, 헤드부(530)는 기둥부(520) 상부면에 결합되며 판형상으로 형성되는 헤드중앙체(531) 및 헤드중앙체(531) 양 측면에 돌출되어 헤드중앙체(531)와 결합되며, 베이스층(510)으로부터 수직한 방향으로의 단면 형상이 반원 형상을 형성되는 헤드측면체(532)를 포함할 수 있다.

[0050] 헤드중앙체(531)는 기둥부(520)의 길이방향으로의 길이는 기둥부(520)와 대응되게 형성되어, 길게 형성될 수 있으며, 헤드중앙체(531)의 기둥부(520)의 길이 방향으로부터 수직한 방향으로의 길이는 기둥부(520)의 길이 방향으로부터 수직한 방향으로의 길이 이상으로 형성될 수 있으며, 기둥부(520)의 길이 방향으로부터 수직한 방향으로의 길이와 하나의 기둥부(520)와 다른 기둥부(520) 사이거리인 기둥사이거리(S)를 합한 값 미만으로 형성될 수 있다.

[0051] 다른 실시예로 헤드중앙체(531)는 상부면 및 하부면에 곡부를 구비하는 형상으로 형성될 수 있으며, 헤드중앙체(531)의 상부 일측모서리 및 하부 일측모서리는 하나의 헤드측면체(532)와 결합될 수 있고, 헤드중앙체(531)의 상부 타측모서리 및 하부 타측모서리는 다른 헤드측면체(532)와 결합될 수 있다.

[0052] 헤드중앙체(531)의 기둥부(520)의 길이방향과 수직한 방향에 위치되는 헤드중앙체(531)의 양측면에는 헤드측면체(532) 각각이 결합될 수 있으며 하나의 헤드중앙체(531)에 결합되는 하나의 헤드측면체(532)와 다른 헤드측면체(532)는 마주보는 형상으로 결합될 수 있다. 헤드측면체(532)의 기둥부(520)의 길이방향과 수직한 방향으로의 단면 형상은 반원 도는 반타원 중 선택되는 어느 하나의 형상으로 형성될 수 있으며, 바람직하게 반원 형상으로 형성될 수 있다.

[0053] 헤드측면체(532)의 기둥부(520)의 길이방향으로의 길이는 기둥부(520)와 대응되게 형성되어, 헤드중앙체(531)의 일측 모서리로부터 타측모서리까지 길게 형성될 수 있으며, 헤드측면체(532)의 직경은 헤드중앙체(531)의 상부면으로부터 하부면 사이의 길이인 헤드중앙체(531)의 높이와 동일하게 형성될 수 있으며, 5 μm 내지 20 μm 사이로 형성될 수 있다.

[0054] 도 4 (a)는 제어필름(500)의 평행 방향으로의 액적과 버섯유닛의 접촉각을 나타낸 도면이며, 도 4(b)는 제어필름(500)의 수직 방향으로 액적과 버섯유닛의 접촉각을 나타낸 도면이다.

[0055] 제어필름(500)은 도 4에서 보는 바와 같이, 기둥부(520)의 길이 방향을 평행 방향(Paralle), 기둥부(520)의 길이 방향과 수직한 방향을 수직 방향(Perpendicular)로 정의할 수 있다. 제어필름(500)에 액적이 위치될 시, 복수개의 버섯유닛에 액적이 접촉될 수 있다. 도 4(a)에서 보는 바와 같이, 평행한 방향으로 액적이 위치될 시,

[0056] 도 4(b)에서 보는 바와 같이, 수직한 방향으로 액적이 위치될 시, 헤드부(530)가 액적이 진행되는 것을 방지하는 에너지 장벽으로 작용되어 액적이 수직한 방향으로 이동되는 것을 방지할 수 있다.

[0057] 도 5(a)가 베이스층(510)과 기둥부(520)만 구비하는 종래의 제어필름(500)이고, 도 5(b)가 베이스층(510), 기둥부(520) 및 헤드부(530)를 구비하는 본원발명의 제어필름(500)을 나타낸 도면이다.

- [0058] 도 5(a)에서 보는 바와 같이, 종래의 제어필름(500)에 에탄올과 같은 표면 장력이 낮은 액적이 위치될 시, 일반적인 마이크로필러 배열에서 오목한 매니스커스(meniscus)를 형성하여 매니스커스에 의해 유도되는 모세관력(P_c)이 하방으로 작용되어 액적을 지지하지 못하여 액적이 쉽게 붕괴될 수 있으며, 도 5(b)에서 보는 바와 같이 반원형 측면을 구비하는 헤드부(530)를 구비하는 본원발명의 제어필름(500)에 에탄올과 같은 표면 장력이 낮은 액적이 위치될 시, 마이크로필러 배열에서 볼록한 매니스커스 형상을 형성하여 매니스커스에 의해 유도되는 모세관력(P_c)이 상방으로 작용되어 에어 포켓이 액적을 지지하여 버섯유닛이 젖는 것을 방지할 수 있다.
- [0059] 도 4에서 보는 바와 같이, 수직 방향의 관점에서 볼 때, 두 액적의 접촉각은 평행 방향의 관점에서 볼 때보다 작은 것을 볼 수 있다. 도 5(a)에서 보는 바와 같이, 제어필름(500)의 접촉각의 차이는 재입체 형상, 헤드부(530)의 헤드측면제인 반원형 라운드팁 구조에 의해 형성된 입체각(θ)에 의해 유도될 수 있다.
- [0060] 도 4에서 보는 바와 같이 수직 방향을 따라 표면에서 액적이 진행되는 것을 방지하는 에너지 장벽으로 작용한다. 입체각 θ_c 는 $\theta_c = \theta_o + (180 - \alpha)$ 로 정의되며, 여기서 α 는 미세 구조물의 가장자리 각도고, θ_c 및 θ_o 는 액적과 미세구조물의 접촉각도이며, 본원발명의 헤드부(530)에 의해 형성되는 액적의 접촉각은 비등방구조로 형성되어 수직방향의 접촉각과 수평방향의 접촉각이 다르게 형성될 수 있다. θ_c 는 수평방향의 접촉각이며 θ_o 는 수직방향의 접촉각으로 형성될 수 있다.
- [0061] 도 4(a)에서 보는 바와 같이 수평방향의 헤드부(530)의 α 는 180° 로 형성될 수 있다. 따라서 수직방향의 경우 $\theta_c = \theta_o + (180 - \alpha)$ 본원발명의 헤드부(530)를 구비하는 액적의 입체각 θ_c 는 θ_o 와 동일하게 형성될 수 있다. 이로 인해 θ_c 와 θ_o 가 동일하게 형성되어 미세 구조에서 액적은 표면에 젖지 않고 상대적으로 높은 접촉각을 형성하여 액적이 평행한 방향으로 전진 이동될 수 있다.
- [0062] 반면 도 4(b)에서 보는 바와 같이, 수직 방향의 경우 평행 방향과 달리 액적의 전파를 방해할 수 있는 θ_c 와 같은 장벽을 구비하지 않아, 액적의 관점에서 헤드부(530)가 없는 맨 표면과 거의 동일하게 형성되는 것으로 추정할 수 있다. 이로 인해 캐시-백스터 방정식(CassieBaxter equation)에 따라 물방울과 표면 사이의 공기 유지 비율이 증가되어 액적이 배치된 구조물의 방향을 따라 버섯유닛의 상면으로부터 확산되며, 간격비율(SR)이 감소함에 따라 각 액적의 접촉각(CA)도 감소될 수 있다.
- [0063] 도 6에서 보는 바와 같이 제어필름(500)을 유연하게 형성되는 지지체에 붙인 후 안쪽 및 바깥쪽으로 접을 경우, 제어필름(500)이 지지체에 용이하게 접촉되며 안쪽 및 바깥쪽으로 접히는 것을 볼 수 있다. 이로 인해 제어필름(500)이 별도의 접착제 없이 굴곡이 있는 다양한 표면에 간단히 부착되는 것을 볼 수 있다.
- [0064] 도 7(a)가 평행한 방향으로의 슬라이딩각을 준 액적을 나타낸 도면이고, 도 7(b)가 수직한 방향으로의 슬라이딩각을 준 액적을 나타낸 도면이며, 도 7(c)가 에탄올 액적을 20° 슬라이딩각을 준 도면이며, 도 7(d)가 DI WATER 액적을 20° 슬라이딩각을 준 도면이다. 도 7(a)에서 보는 바와 같이 평행한 방향으로 액적에 슬라이딩각을 줄 시 액적이 버섯유닛의 길이방향으로 이동될 수 있으나, 도 7(b)에서 보는 바와 같이 수직한 방향으로 액적에 슬라이딩각을 줄 시 일정각도(90°) 미만으로 액적이 이동되지 않고 고정될 수 있다. 도 7(c)에서 보는 바와 같이 에탄올은 기판 경사각이 20° 에 도착할 시 슬라이딩되는 것을 볼 수 있지만 도 7(d)에서 DI WATER는 경사각이 20° 에 도달할 시 슬라이딩되지 않고 고정되는 것을 볼 수 있다.
- [0065] 이로 인해 인위적으로 버섯유닛 구조를 이용하여 제어필름(500)의 배향과 틸팅 각도를 통해 표면 장력의 범위가 넓은 다양한 액체 방울의 방향 및 선택적 슬라이딩을 제어할 수 있다.
- [0066] 도 8(a)가 복수개의 제어필름(500)을 지그재그 형상으로 결합시킨 도면이며, 도 8(b)는 투명비커 내부에 제어필름(500)을 부착한 도면이며, 도 8(c)는 투명비커에 제어필름(500)을 부착하고 비커에 회전력을 부가하여 액적이 이동되는 도면이다.
- [0067] 도 8(a)에서 보는 바와 같이, 액적의 이동방향을 제어하기 위하여 복수개의 제어필름(500)을 제단하여 결합시켜 액적을 이동시킬 수 있다. 즉 하나의 제어필름(500)의 일측면을 필요각도로 제단하고, 다른 제어필름(500)의 일측면을 필요각도로 제어하여 복수개의 제어필름(500)의 하나의 버섯유닛과 다른 버섯유닛이 접촉되어 수평방향으로 결합되어 액적이 이동되게 할 수 있다.
- [0068] 도 8(b) 내지 도 8(c)에서 보는 바와 같이 서로 다른 방향의 반데르발스 힘을 통해 별도의 접착제 없이 굴곡이 있는 다양한 표면에 간단히 부착될 수 있으며 제어필름(500)이 투명 비커 내부에 부착하여 버섯유닛의 배열 방향을 따라 액적의 이동 조작을 시연할 수 있다. 도 8(c)에서 보는 바와 같이, 비커는 두 개의 회전 롤러에 의해 지지되는 동안 회전되고, 비커가 회전에 따라 제어필름(500) 표면에 배치된 액적이 버섯유닛의 길이방향을 따

라 천천히 미끄러질 수 없다. 즉, 비커의 내부에 제어필름(500)이 부착되는 방향에 따라 다양한 액체 방울들이 표면을 적시지 않고 원하는 목적지로 이동될 수 있다.

[0069] 도 9(a)는 미네랄 오일을 사용하여 동일한 구조의 PDMS와 PFPE를 비교하는 액체 잔류물 테스트를 나타낸 도면이고 도 9(b) PDMS에 의해 쉽게 흡수되는 톨루엔을 사용한 스웰링 테스트를 나타낸 도면이며, 도 9(c) 가공된 얇은 PDMS 및 PEPE를 형성한 표면의 강성을 나타낸 도면이다.

[0070] 도 9(a)에서 보는 바와 같이 PEPE를 사용할 시 도식 및 현미경 이미지를 통해 PDMS와 달리 PFPE 표면에 오일 잔류물이 억제됨을 확인할 수 있고, 도 9(b)에서 보는 바와 같이 PFPE로 제조된 PDOF 표면은 스웰링 없이 화학적 안정성을 나타내는 것을 볼 수 있으며, 도 9(c)에서 보는 바와 같이 PEPE가 PDMS보다 강성이 높아 상대적으로 취급이 용이한 것을 볼 수 있다.

[0071] 도 10(a)는 제어필름(500) 표면에서 평행 및 수직 방향을 따라 DI WATER와 에탄올 액적의 수직방향 및 평행방향에서의 접촉각(CA)을 각격 비율의 함수로 측정한 것을 나타낸 그래프이고, 도 10(b)는 제어필름(500) 수직방향 및 평행방향에서의 DI 물과 에탄올 액적의 슬라이딩각(SA)을 0 내지 1의 간격 비율의 함수로 측정한 것을 나타낸 그래프이며, 도 10(c)는 DI WATER와 에탄올을 사용한 각 PDOF 샘플의 방향 인자를 나타낸 도면이다.

[0072] 여기서 DI WATER는 이온이 제거된 상태의 물로 물속의 양이온과 음이온을 화학적 또는 물리적 방법을 이용하여 제거한 물을 의미할 수 있다. 이때, DI WATER 액적의 부피는 5 μ L, DI WATER 액적의 표면장력 γ_{lv} 는 72.1 mN/m로 형성되고, 에탄올 액적의 부피는 5 μ L, 에탄올 액적의 표면장력 γ_{lv} 는 22.3 mN/m로 형성될 수 있다. 또한 접촉각(CA)은 액적과 필름이 접촉되는 접촉각이며, 슬라이딩각(SA)은 표면을 기울였을 때, 액적이 이동을 시작하는 각도로 형성될 수 있다.

[0073] 도 10(a)에서 보는 바와 같이, x축이 도 3에 기재된 기둥사이거리(S)에 따른 샘플 (a) 내지 (f)를 순서대로 나타내며, y축이 접촉각일 시, DI WATER와 에탄올(Ethanol) 액적의 수직방향 및 평행방향에서의 접촉각(CA)을 그래프 형상으로 나타냈다. DI WATER 및 에탄올의 평행방향 접촉각이 130° 이상인 상태인 캐시상태(Cassie state)를 유지하는 것을 볼 수 있다. 이로 인해 제어필름(500)의 표면이 광범위한 표면 장력을 가지는 다양한 액체에 대하여 전지성 특성을 가지는 것을 볼 수 있다.

[0074] 10(b)에서 보는 바와 같이, x축이 도 3에 기재된 기둥사이거리(S)에 따른 샘플 (a) 내지 (f)를 순서대로 나타내며, y축이 슬라이딩각일 시, 샘플 (a) 내지 (b)의 경우 90도 이상 기울여도 액적이 이동하지 않은 것을 확인할 수 있으며, 샘플 (c) 내지 (f) 부터는 일정 각도 이상 기울였을 때 액적이 이동하는 것을 확인할 수 있다.

[0075] 10(c)에서 보는 바와 같이, 연잎의 방향 인자(DF)는 DF ~ 0를 가지며, 벼 잎은 DF ~ 0.052를 갖는다. 제어필름(500) 표면에서 측정된 DI water 및 에탄올 액적의 SR에 따른 CA 및 SA의 DF 값이 그래프로 나타나며, 에탄올의 DF 값은 모든 SR 범위에서 DI water의 DF 값보다 높고, 간격비율(SR)이 감소하면 모든 측정 데이터의 DF 값도 감소하여 DI 물의 슬라이딩각(SA)의 DF는 표면상 어느 방향으로도 미끄러지지 않기 때문에 도 3(a)에서 0으로 나타날 수 있다.

[0076] DF는 방향 인자로 하기의 식과 같이 나타낼 수 있다.

[0077]
$$DF = \sin\left(\frac{|\theta_{\parallel} - \theta_{\perp}|}{2}\right)$$

[0078] 여기서 DF는 방향 인자, $\theta_{\parallel}$ 는 평행방향의 접촉각, $\theta_{\perp}$ 는 수직방향의 접촉각을 나타낼 수 있다.

[0079] 도 11(a)는 제어필름(500)의 접착력을 나타낸 도면이고, 도 11(b)는 제어필름(500)의 투과율을 나타낸 그래프이다. 도 11(a)에서 보는 바와 같이 PEPE 재질로 형성된 제어필름(500)은 별도의 접착제없이 표면에 고정될 수 있으며, 얇은 평면을 구비하는 제어필름(500) 표면과 투명 기관(g) 사이의 반 데르 발스 상호 작용을 통한 강하게 접촉될 수 있다. 반 데르 발스 힘은 분자 간 결합에 기여하는 힘으로 인력과 반발력의 합으로 정의될 수 있다. 이로 인해 200 g의 무게를 계면 박리 없이 들어올려 PDOF와 유리판 사이의 접촉 강도를 보여줄 수 있다.

[0080] 도 11(b)에서 보는 바와 같이 PEPE 재질로 형성된 제어필름(500)은 투명한 용기 또는 표면에 적용될 수 있는 높은 투과율을 구비할 수 있으며, 도 3에 기재된 샘플 (a) 내지 (f)에서의 샘플의 투과율을 보여줄 수 있다. 확대된 그래프에서 알 수 있듯이, 모든 샘플은 가시 영역에서 93% 이상의 투과율을 보이는 것을 볼 수 있다. 기둥사이거리(W)가 증가함에 따라 투과율이 미미하게 상승되는 것을 볼 수 있다. 이로 인해 PEPE 재질로 제어필름

(500)을 형성할 시, 화학적 안정성이 높아 낮은 표면 에너지를 구비하고 낮은 굴절률을 구비하며 투과율이 높고 별도의 접착제없이 접착력이 부착될 수 있다.

- [0082] 도 12는 본 발명의 일 실시 예에 따른 제어필름(500)의 제작 방법을 나타낸 방법도이고, 도 13은 본 발명의 일 실시 예에 따른 몰드의 제작 방법을 나타낸 방법도이다.
- [0083] 도 12내지 도 13에서 보는 바와 같이, 액적 흐름 제어필름(500) 제작방법은 (a) 홈 형상으로 형성되는 버섯유닛을 구비하는 제3몰드(300)를 형성하는 단계, (b) 제3몰드(300)에 고분자 물질을 채우고, 고분자 물질 상부에 고정필름을 위치시킨 후 경화시켜 버섯유닛 및 베이스층(510)을 포함하는 제어필름(500)을 형성하는 형성단계 및 (c) 고정필름을 이용하여 몰드와 제어필름(500)을 분리시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0084] 여기서 (a)단계인 홈의 형상으로 형성되며 제2음각버섯기둥을 구비하는 제3몰드(300)를 형성하는 단계는 (a1) 제1재료로 형성되며, 복수개의 제1음각버섯구조가 형성되는 제1몰드(100)가 형성되는 단계, (a2) 제1몰드(100)에 제2재료를 주입하고 경화하여 복수개의 제1양각버섯구조가 형성되는 제2몰드(200)가 형성되는 단계 및 (a3) 제2몰드(200)에 제3재료를 주입하고 경화하여 복수개의 제2음각버섯구조가 형성되는 제3몰드(300)가 형성되는 단계를 포함할 수 있다.
- [0085] (a1)단계는 (a1-1) 실리콘웨이퍼(101) 준비 단계 (a1-2) 실리콘웨이퍼(101) 상부에 규소층(102)을 형성하는 단계 (a1-3) 포토레지스트층(111)이 규소층(102) 상부에 형성되는 단계 (a1-4) 포토리소그래피되어 제1몰드기둥부(110)가 형성되는 단계 단계 (a1-4) 패턴이 형성된 식각 마스크를 사용하여 건식 식각 공정을 통해 제1몰드헤드부(120)를 형성하여 제1음각버섯구조가 형성되는 단계를 포함할 수 있다. 여기서 제1재료는 실리콘웨이퍼(101), 규소층(102), 포토레지스트층(111)을 포함할 수 있다.
- [0086] (a1-1)단계에서 실리콘웨이퍼(101)는 실리콘(Si) 재료로 형성될 수 있고, (a1-2)단계에서 규소층(102)은 실리콘웨이퍼(101) 상부에 형성될 수 있으며, 규소층(102)의 지면으로부터 수직한 방향으로의 길이인 두께는 0.5 μm 내지 2 μm 로 형성될 수 있으며, 바람직하게 1 μm 로 형성될 수 있다. 규소층(102)의 재료는 SiO₂ 로 형성될 수 있으며, 실리콘웨이퍼(101) 상부면에 열 산화 공정으로 성장될 수 있다.
- [0087] 도 13(a)에서 보는 바와 같이, (a1-3)단계에서, 포토레지스트층(111)트층이 형성될 수 있으며, 포토레지스트층(111)은 규소층(102) 상부면에 복수개의 포토레지스트가 이격되어 형성될 수 있다. 포토레지스트의 너비는 기둥너비(W)와 동일하게 형성될 수 있으며, 하나의 포토레지스트와 다른 포토레지스트는 기둥사이거리(S)만큼 이격되어 형성될 수 있다. 이로 인해 도 13(b)에서 보는 바와 같이, 포토리소그래피 시, 포토레지스트가 위치되는 부분은 식각되지 않고 포토레지스트가 위치되지 않는 부분은 식각되어 홈의 형상으로 형성되는 제1몰드기둥부(110)가 형성될 수 있다. 이후 열산화를 이용하여 제1몰드기둥부(110)에 규소층(102)을 성장시켜 제1몰드기둥부(110) 표면에 규소층(102)을 형성할 수 있다.
- [0088] 도 13(c)에서 보는 바와 같이, (a1-4)단계에서 제1몰드기둥부(220) 하부에 형성되는 규소층(102)을 에칭한 후 실리콘을 등방성으로 에칭하여 반원형의 헤드부(530)를 형성할 수 있다. 이후 도 13(d)에서 보는 바와 같이, 잔류 규소층(102)을 제거하여 제1몰드(100)를 형성할 수 있다.
- [0089] (a1)단계가 수행된 후 (a2)단계인 제1몰드(100)에 제2재료를 주입하고 경화하여 복수개의 제1양각버섯구조가 형성되는 제2몰드(200)가 형성되는 단계가 수행될 수 있다.
- [0090] 도 13(e)에서 보는 바와 같이, (a2)단계는 제1몰드(100)에 제2재료가 인입될 수 있으며, 제2재료가 음각형상으로 형성되는 제1음각버섯구조에 인입됨과 동시에 제1몰드(100) 상부면에 일정 두께로 도포되어 평평한 층을 형성할 수 있다. 이후 열경화하여 복수개의 제1양각버섯구조가 형성되는 제2몰드(200)가 형성될 수 있다. 여기서 제2재료는 폴리다이메틸실록산(PDMS, polydimethylsiloxane)로 형성될 수 있으며, 제2 재료는 제1 재료의 탄성계수보다 낮은 탄성계수를 가지는 재료이며, 제2 재료는 폴리다이메틸실록산(Polydimethylsiloxane, PDMS) 주재료와 경화제를 10:1 비율로 혼합한 중합체일 수 있다. 이후 70 °C 오븐에서 1시간 동안 열경화한 후 제1몰드(100)와 제2몰드(200)를 분리하여 복제 몰드를 제조할 수 있다.
- [0091] 제2몰드(200)는 판형상으로 형성되는 제2몰드층(210) 및 제1양각버섯구조를 포함할 수 있으며, 제1양각버섯구조는 제2몰드층(210) 상부면에 돌출되어 형성되며 기둥형상으로 형성되는 제2몰드기둥부(220) 및 제2몰드기둥부(220) 상부면에 형성되는 제2몰드헤드부(230)를 포함할 수 있다.
- [0092] (a2)단계가 수행된 후 (a3)단계인 제2몰드(200)에 제3재료를 주입하고 경화하여 복수개의 제2음각버섯구조가 형

성되는 제3몰드(300)가 형성되는 단계가 수행될 수 있다. (a3)단계는 (a3-1) 제2몰드(200)에 제3재료를 입입하여 경화하는 단계 (a3-2) 제3몰드(300) 하부면에 제3몰드하부코팅층을 형성하여 제3몰드(300)와 강판(400)을 접착하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0093] 도 13(f)에서 보는 바와 같이, (a3-1) 단계는 제2몰드(200)에 제3재료가 인입될 수 있으며, 제3재료가 제1양각버섯구조를 제외한 제2몰드층(210) 상부면에 일정 두께로 도포되다, 양각형상으로 제1양각버섯구조의 최상부면보다 높게 인입될 수 있으며, 제3재료가 제1양각버섯구조의 최상부면으로부터 설정 거리 이상으로 인입될 시 제3재료를 경화할 수 있다.
- [0094] 이로 인해 제3몰드는 복수개의 이격되어 형성되는 기둥모양의 홈입 제3몰드기둥부(310) 및 제3몰드헤드부(320)를 구비할 수 있다. 이때 제1몰드기둥부(110), 제2몰드기둥부(220) 및 제3몰드기둥부(310)의 대응되게 형성될 수 있고, 제1몰드헤드부(120), 제2몰드헤드부(230) 및 제3몰드헤드부(320)은 대응되게 형성될 수 있다.
- [0095] 여기서 제3재료는 Norland optical adhesive (NOA)로 이루어진 군 중 하나의 NOA로 형성될 수 있으며, 강판(400)의 재료는 구리, 알루미늄, 철 및 고분자 등 금속 및 플라스틱 중 선택되는 어느 하나 이상의 물질로 형성될 수 있으며, 강판(400)의 상부면은 평평하며 단단하게 형성되어 제3몰드(300)를 용이하게 고정할 수 있다.
- [0096] (a3-2) 단계는 제3몰드(300) 하부면에 제3몰드하부코팅층을 형성하여 제3몰드(300)와 강판(400)에서의 계면에서의 접착 작업을 제어할 수 있으며, 제3몰드하부코팅층은 옥타플루오로시클로부탄(C4F8)으로 형성될 수 있다.
- [0097] 도 12(a)에서 보는 바와 같이, (a)단계가 수행된 후 (b)단계인 제3몰드(300)에 고분자 물질을 채우고, 고분자 물질 상부에 고정필름을 위치시킨 후 경화시켜 버섯유닛 및 베이스층(510)을 포함하는 제어필름(500)을 형성하는 형성단계가 수행될 수 있다.
- [0098] (b)단계는 (b1) 제4재료를 제3몰드(300)에 분사하는 단계 (b2) 제4재료 상부면에 보조필름(600)을 위치시키는 단계 (b3) 제4재료를 UV경화하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0099] (b1)단계에서 제3몰드(300)에 제4재료가 인입될 수 있으며, 제4재료가 음각형상으로 형성되는 제2음각버섯구조에 인입됨과 동시에 제3몰드(300) 상부면에 일정 두께로 도포되어 평평한 층을 형성할 수 있다. 이후 UV경화하여 복수개의 버섯유닛이 형성되는 제어필름(500)이 형성될 수 있다.
- [0100] 여기서 제4재료는 펄플루오르폴리에테르 (PFPE, Perfluoropolyether), 폴리다이메틸실록산(PDMS, polydimethylsiloxane), 폴리우레탄아크릴레이트(PUA, Polyurethane Acrylate), 폴리염화비닐(PVC, Polyvinyl chloride), 에틸렌비닐아세테이트(EVA, Ethylene Vinyl Acetate), 폴리에틸렌(PE, polyethylene), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN, polyethylenenaphthalate), 폴리프로필렌(PP, polypropylene), 폴리올레핀(PO, polyolefin), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA, Polymethylmethacrylate), 폴리스티렌(PS, Polystyrene), 니트로셀룰로오스(nitrocellulose), 아세틸셀룰로오스(acetyl cellulose), 폴리카보네이트(PC, polycarbonate) 및 노아(NOA, Norland Optical Adhesive) 중 선택되는 어느 하나 이상의 재질로 형성될 수 있으며, 바람직하게 펄플루오르폴리에테르 (PFPE, Perfluoropolyether)로 형성될 수 있다. 이로 인해 펄플루오르폴리에테르가 낮은 표면 에너지를 구비하여 옴니포빅 성질을 강화할 수 있다.
- [0101] (b2)단계에서 보조필름(600)은 PET 필름으로 형성될 수 있으며, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(Polyethyleneterephthalat)를 건조 및 용융하여 시트 형상으로 압출한 뒤 연신하여 형성될 수 있다. 보조필름(600)이 제4재료 상부면에 부착되어 제4재료와 산소의 접촉을 차단하여 제4재료 경화가 억제되는 것을 방지할 수 있다.
- [0102] (b)단계가 수행된 후 (c)단계인 고정필름을 이용하여 몰드와 제어필름(500)을 분리시키는 단계가 수행될 수 있다. (c)단계는 (c1) 제3몰드(300)와 강판(400)이 분리되는 단계 (c2) 제어필름(500)과 보조필름(600)이 분리되는 단계 (c3) 제어필름(500)과 제3몰드(300)가 분리되는 단계를 포함할 수 있다.
- [0103] 도 12(b)에서 보는 바와 같이, (c1) 단계에서 보조필름(600) 탄성계수가 제3몰드(300) 및 제어필름(500)보다 높게 형성되어 제4재료 UV 경화 후 제3몰드(300)와 강판(400)을 디몰딩할 시, 제어필름(500)에 직접적인 힘을 가하지 않고 보조필름(600)에 힘을 가하여 제3몰드(300)와 강판(400)을 분리할 수 있다.
- [0104] 도 12(c)에서 보는 바와 같이, (c2) 단계에서 보조필름(600) 탄성계수가 제어필름(500)보다 높게 형성되어 보조필름(600)과 제어필름(500)을 분리할 시, 제어필름(500)에 직접적인 힘을 가하지 않고 보조필름(600)에 힘을 가하여 제어필름(500)이 찢어지는 것을 방지하며 보조필름(600)과 제어필름(500)을 분리할 수 있다.

[0105] 도 12(d)에서 보는 바와 같이, (c3)단계에서 제3몰드(300)와 제어필름(500)을 분리하는 디몰딩 과정에서 제어필름(500)에 돌출되어 형성되는 버섯유닛이 찢어질 수 있어 제어필름(500)에 적합한 고조과 평균(harmonic mean method) 방법을 사용하여 하기의 식과 같이 접착력(W_{12})를 계산할 수 있다. 이로 인해 접착력을 제어하여 소프트 몰딩 공정으로 제3몰드(300)와 제어필름(500)을 디몰딩하여, 디몰딩 시 제어필름(500)이 찢어지는 것을 방지할 수 있다.

[0106]
$$W_{12} = 4 \left(\frac{\gamma_1^d \gamma_2^d}{\gamma_1^d + \gamma_2^d} + \frac{\gamma_1^p \gamma_2^p}{\gamma_1^p + \gamma_2^p} \right)$$

[0107] 여기서 W_{12} 는 접착력이고, γ_1 은 제2재료의 표면장력, γ_2 는 제3재료의 표면장력, d는 표면장력(θ 의 분산 성분, P는 표면장력(θ 의 극성 성분을 나타낼 수 있다. 이때, $\gamma_1^d, \gamma_2^d, \gamma_1^p, \gamma_2^p$ 값은 접촉각에 의해 형성된 표면장력을 기 측정하여 실험적으로 측정된 값으로 형성될 수 있다.

[0108] 도 14는 본 발명의 일 실시 예에 따른 몰드 및 제어필름(500)의 접착력을 나타낸 도면이며, 제어필름(500)과 보조필름(600) 사이의 접착력은 $W_{F,P}$ 로 나타나고, 보조필름(600)과 제3몰드(300) 사이의 접착력은 $W_{P,N}$ 로 나타나며, 제3몰드(300)과 강체 사이의 접착력은 $W_{N,C}$ 로 나타날 수 있다. 이때, 대문자 W는 소문자 w와 표면적의 곱으로 형성될 수 있으며, w는 work of adhesion로 단위 면적당 불임성을 나타낼 수 있다. W는 서로 다른 두 재료의 표면에너지로 인한 접착에너지로 표면에너지를 통해 계산될 수 있으며 표면의 미세 구조에 의한 표면적 증가는 고려하지 않은, 플랫폼 표면에서의 값으로 형성될 수 있다.

[0109] 그러나 다른 계면에 비해 제어필름(500) 및 제3몰드(300)의 계면은 버섯유닛 및 제2음각버섯구조에 의해 표면적이 증가하게 됩니다. 따라서 총 불임성인 접착력(Total adhesion)은 구조에 의한 표면적을 고려하여 계산할 수 있다.

[0110] 도 15(a)가 제어필름(500)을 제3몰드(300)로부터 기둥부(520) 길이 방향으로 분리하는 도면이며, 도 15(b)가 제어필름(500)을 제3몰드(300)로부터 기둥부(520) 길이 방향과 수직한 방향으로 분리하는 도면이다.

[0111] 도 15에서 보는 바와 같이, 도 15(b)처럼 제어필름(500)을 제3몰드(300)로부터 기둥부(520) 길이 방향과 수직한 방향으로 분리하는 것이 아닌 도 15(a)처럼 제어필름(500)을 제3몰드(300)로부터 기둥부(520) 길이 방향으로 분리하여 복수개의 기둥부(520)를 연속적으로 박리하여 제3몰드(300)로부터 제어필름(500)을 용이하게 분리할 수 있다.

[0112] 도 15(a)에서 보는 바와 같이 기둥부(520) 길이방향으로 제3몰드(300)와 제어필름(500)을 분리할 시 제어필름(500)에 가해지는 응력이 낮은 것을 볼 수 있으며, 도 15(b)에서 보는 바와 같이, 기둥부(520) 길이방향과 수직한 방향으로 길이방향으로 제3몰드(300)와 제어필름(500)을 분리할 시 제어필름(500)에 가해지는 응력이 도 15(a)에 비하여 높게 형성되는 것을 볼 수 있다. 이로 인해 기둥부(520)의 길이 방향으로 박리할 시, 박리 전파가 발생하여 낮은 응력이 유도되고, 기둥부(520)의 수직 방향으로 박리할 시, 고응력이 발생하여 성형실패가 초래될 수 있다. 이로인해, 제어필름(500)과 제3몰드(300)를 기둥부(520) 길이 방향으로 분리할 시 제어필름(500)이 응력에 의하여 찢어지는 것을 방지할 수 있다.

[0114] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시 예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0115] 본 발명의 범위는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

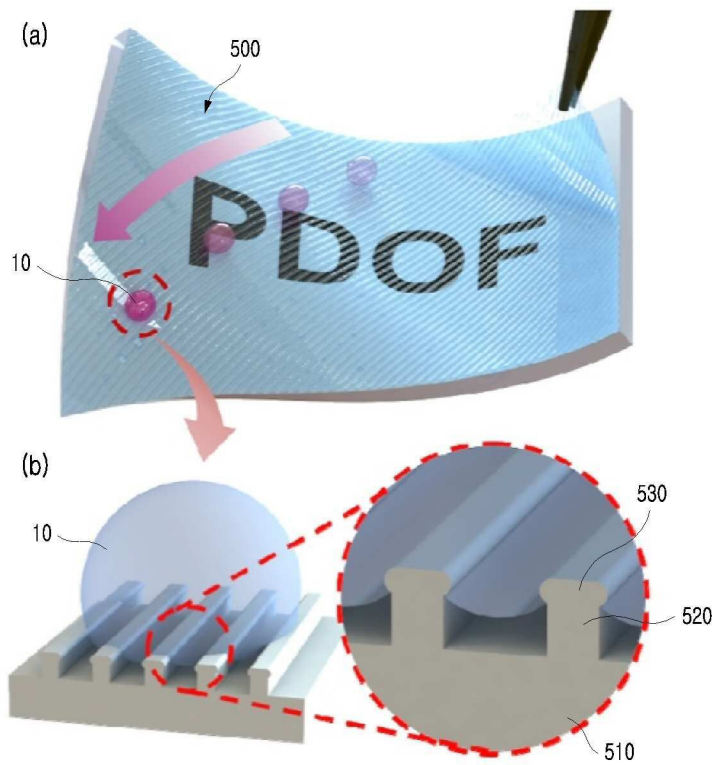
부호의 설명

[0117] 100 : 제1몰드

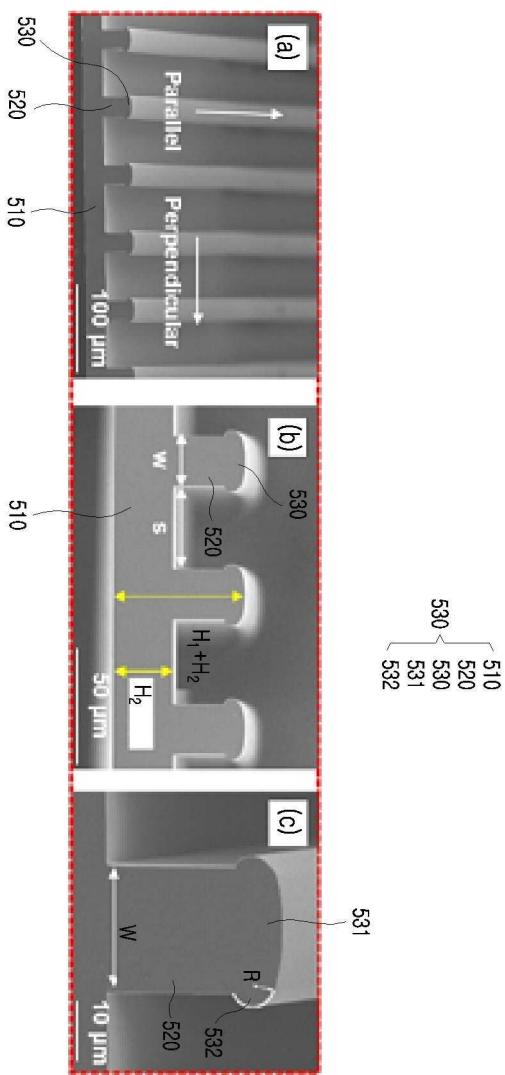
101 : 실리콘웨이퍼
102 : 규소층
110 : 제1몰드기둥부
111 : 포토레지스트층
120 : 제1몰드헤드부
200 : 제2몰드
210 : 제2몰드층
220 : 제2몰드기둥부
230 : 제2몰드헤드부
300 : 제3몰드
310 : 제3몰드기둥부
320 : 제3몰드헤드부
400 : 강판
500 : 제어필름
510 : 베이스층
520 : 기둥부
530 : 헤드부
531 : 헤드중앙체
532 : 헤드측면체
600 : 보조필름

도면

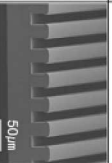
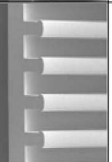
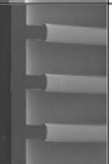
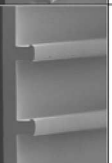
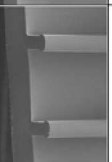
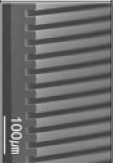
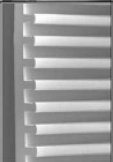
도면1



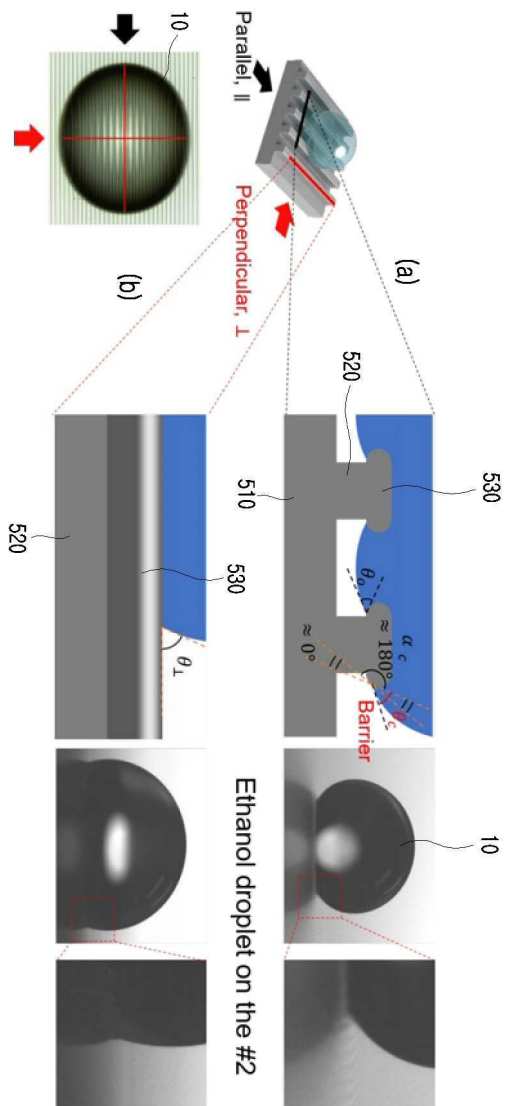
도면2



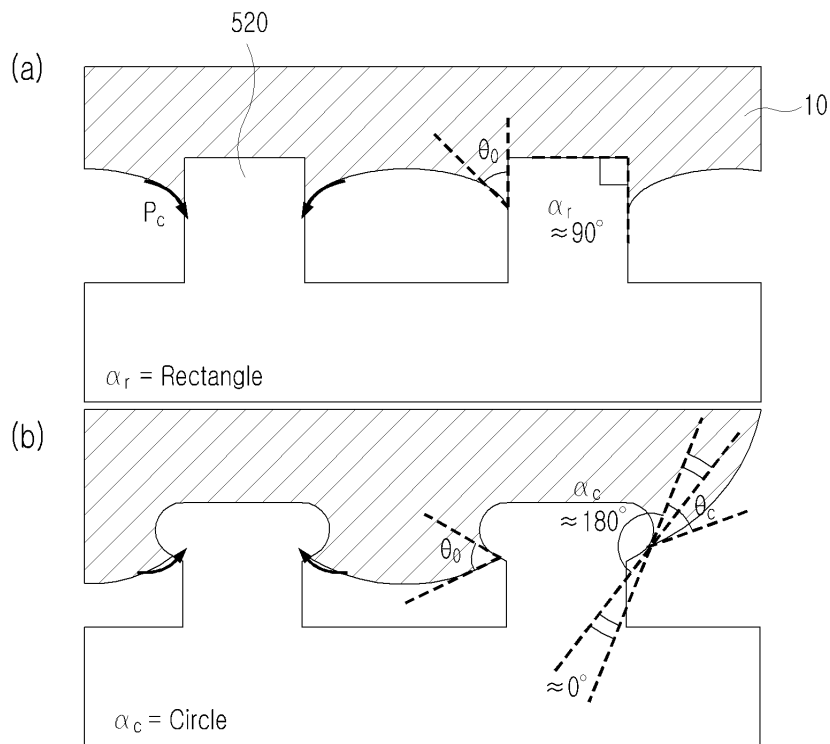
도면3

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
X500 SEM						
X300 SEM						
X100 OM						
	w : 20 μm s : 20 μm H2 : 30 μm	w : 20 μm s : 40 μm H2 : 30 μm	w : 20 μm s : 60 μm H2 : 30 μm	w : 20 μm s : 80 μm H2 : 30 μm	w : 20 μm s : 100 μm H2 : 30 μm	w : 20 μm s : 120 μm H2 : 30 μm

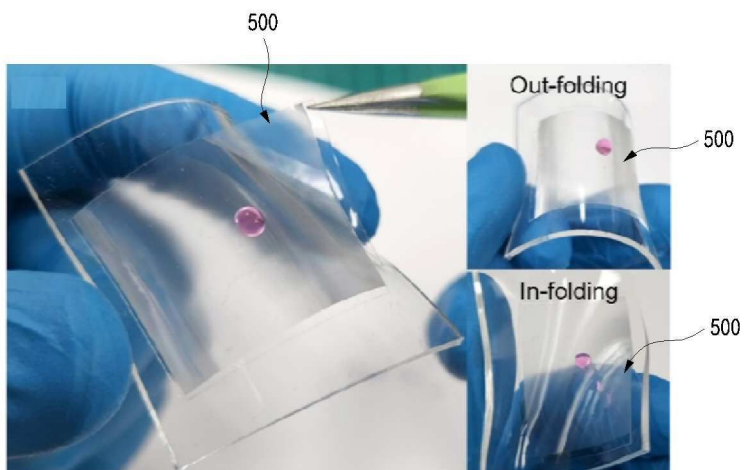
도면4



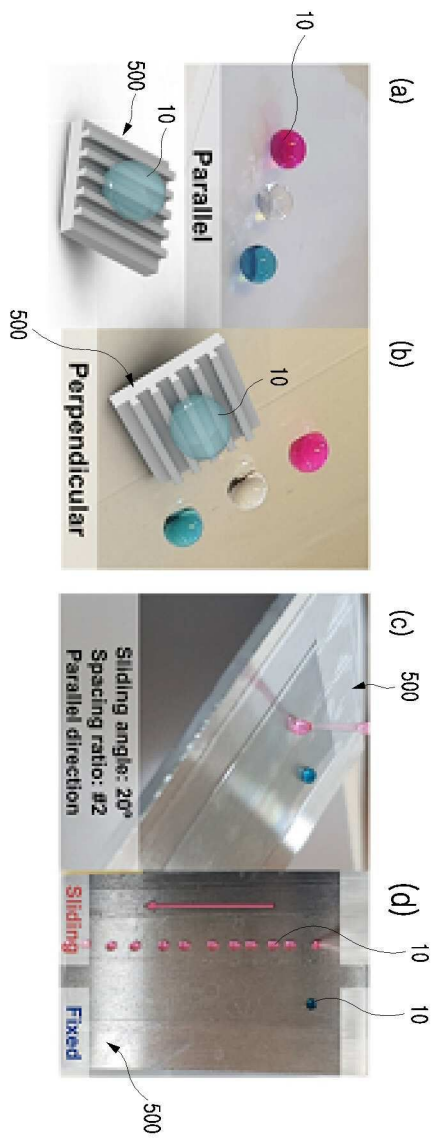
도면5



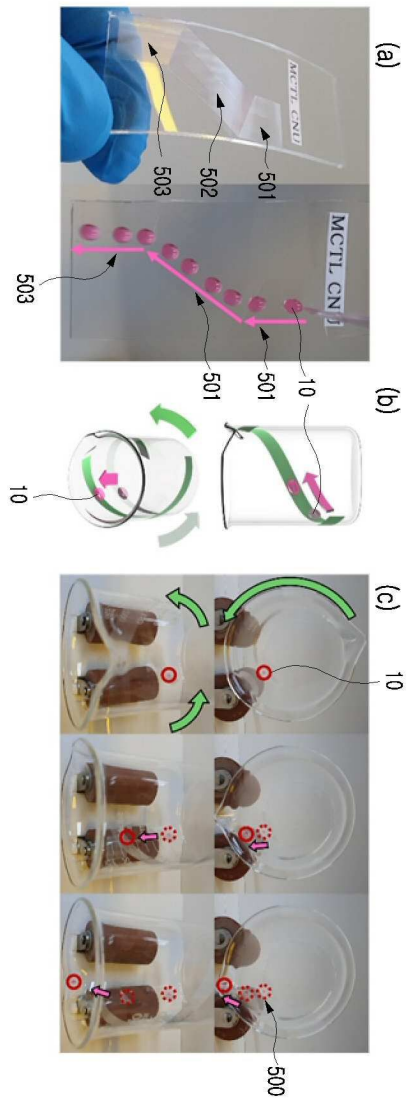
도면6



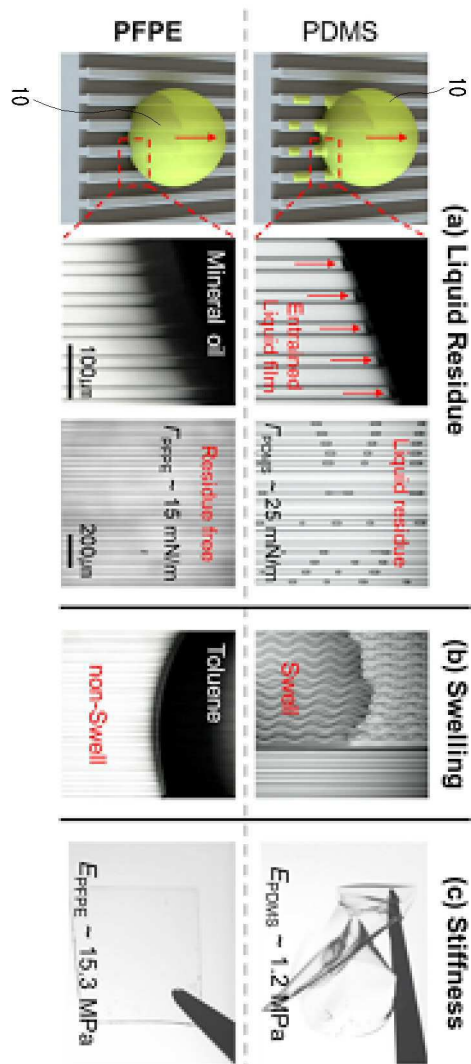
도면7



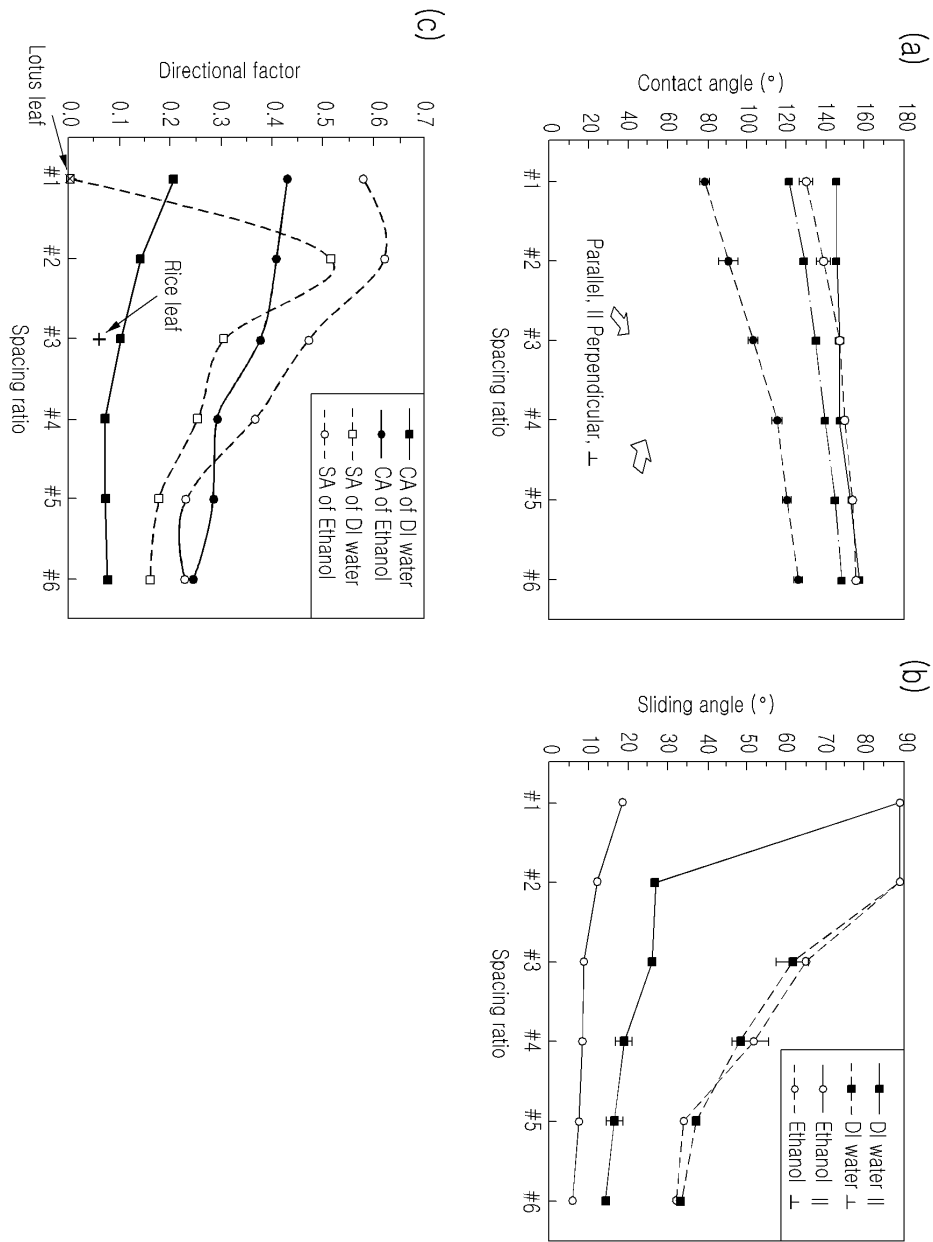
도면8



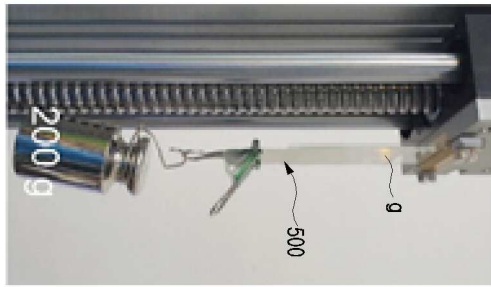
도면9



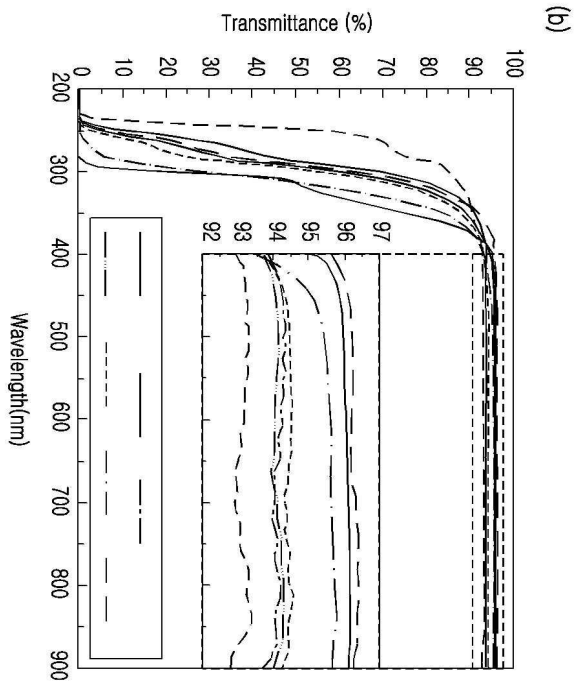
도면10



도면11

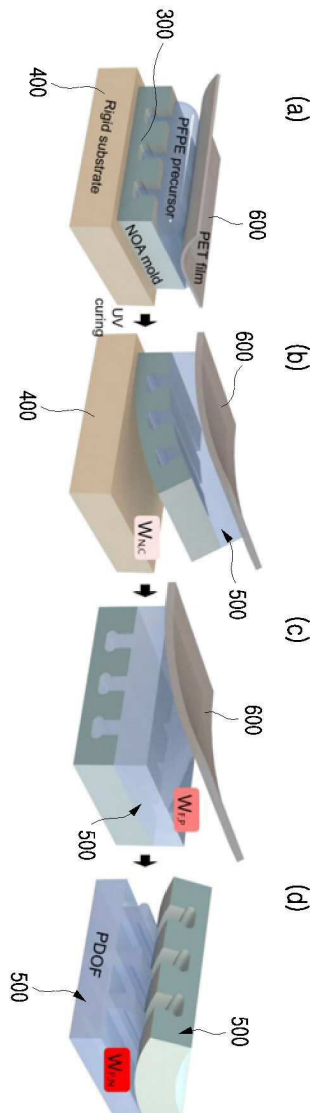


(a)

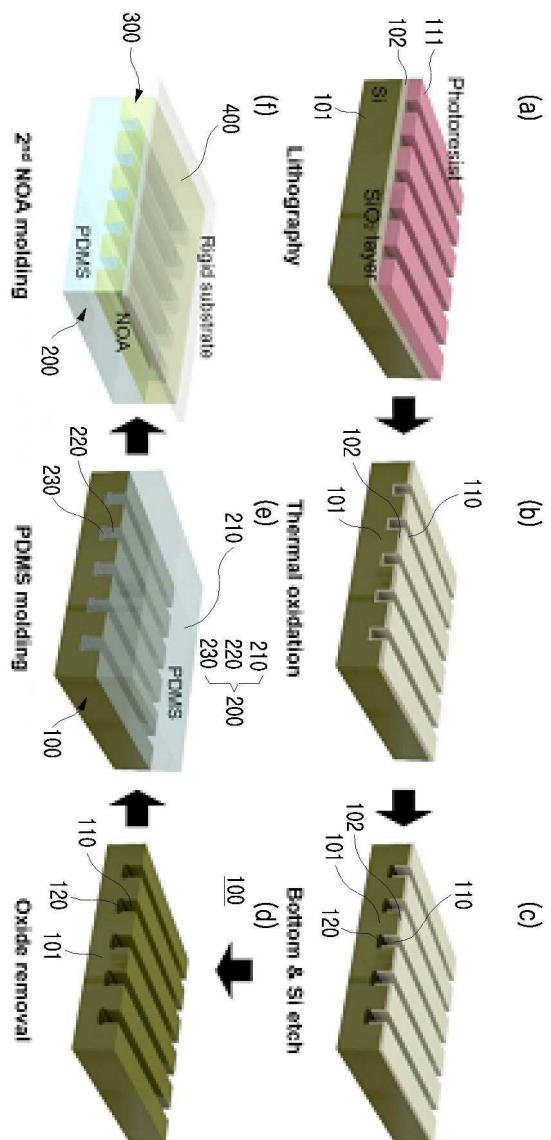


(b)

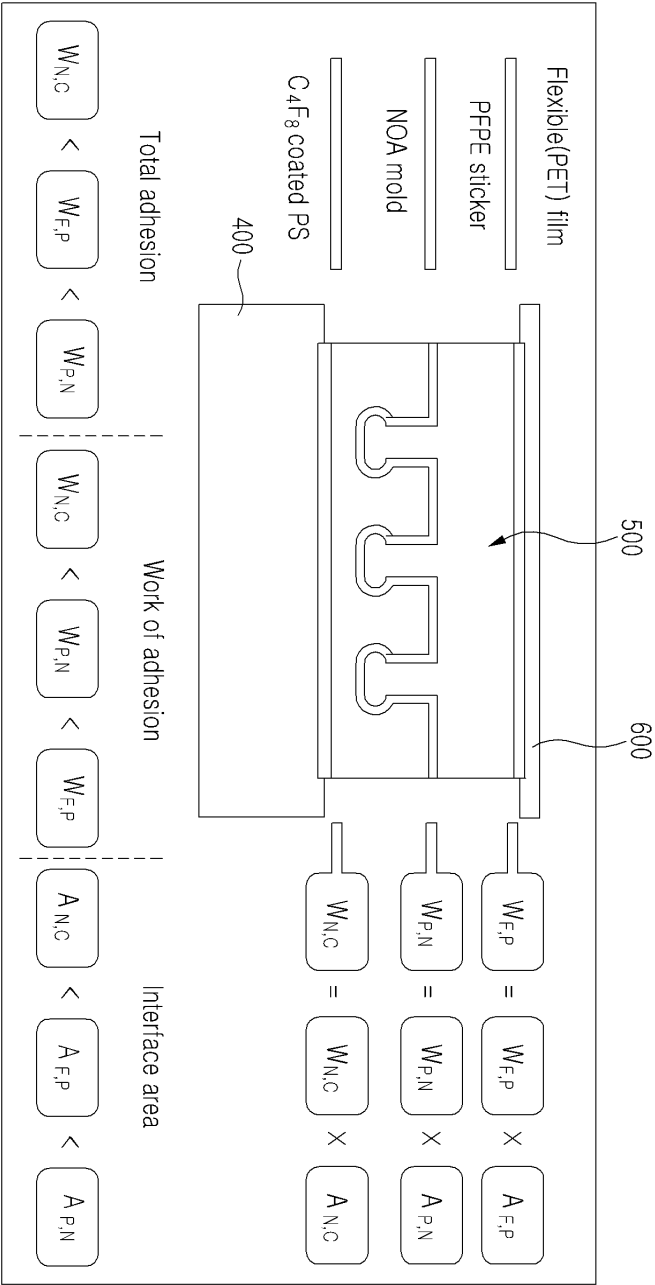
도면12



도면13



도면14



도면15

