(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년08월05일
(11) 등록번호 10-2690683
(24) 등록일자 2024년07월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*C08J 7/04* (2020.01) *B05D 3/06* (2006.01)
*C08J 7/054* (2020.01) *C09D 183/04* (2006.01)
*C09D 5/16* (2006.01) *C10M 107/50* (2006.01)
(52) CPC특허분류
*C08J 7/042* (2022.01)
*B05D 3/067* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0166933
(22) 출원일자 2023년11월27일
심사청구일자 2023년11월27일
(30) 우선권주장
1020230165435 2023년11월24일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
JP2022505404 A
*(뒷면에 계속)*

(73) 특허권자
**국립창원대학교 산학협력단**
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
**조영태**
경상남도 창원시 성산구 원이대로 449
**김석**
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20
*(뒷면에 계속)*
(74) 대리인
**김종석**

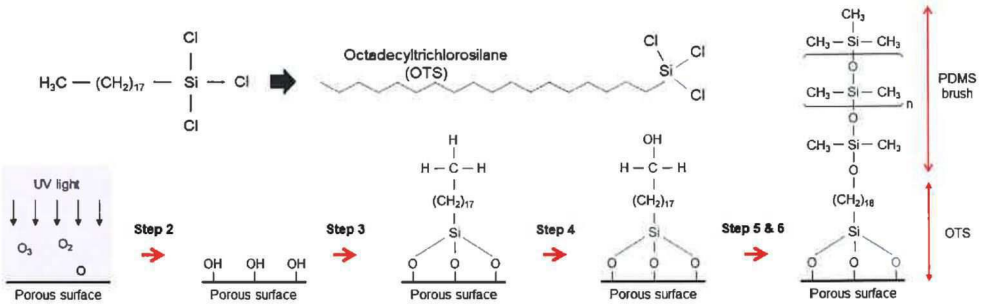
전체 청구항 수 : 총 19 항 심사관 : 서진화

(54) 발명의 명칭 **미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법**

## (57) 요 약

본 발명은 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법에 관한 것으로, 보다 자세하게는, 벌레잡이통풀의 표면구조를 모방하여 다공성의 나노 기공 표면에 저점도의 실리콘 윤활제를 탑재하여 저점착의 미끄러운 표면을 구현한 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법에 관한 것이다.

*대 표 도* - 도1



(52) CPC특허분류
*C08J 7/054* (2022.01)
*C09D 183/04* (2013.01)
*C09D 5/1675* (2013.01)
*C10M 107/50* (2013.01)

(72) 발명자
**김우영**
경상남도 창원시 의창구 평산로171번길 6-6
**이상훈**
경상남도 창원시 의창구 용지로285번길 30

(56) 선행기술조사문헌
KR1020190056018 A
JP2017531740 A
KR102397816 B1
KR1020150067887 A
JP2023509733 A

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

| | |
|---|---|
| 과제고유번호 | 1711198667 |
| 과제번호 | 00238462 |
| 부처명 | 과학기술정보통신부 |
| 과제관리(전문)기관명 | 한국연구재단 |
| 연구사업명 | 차세대유망Seed기술실용화패스트트랙 |
| 연구과제명 | 윤활막 탑재 초저점착 이형 필름 적용 초고속 DLP 3D 프린팅 기술개발 |
| 과제수행기관명 | 창원대학교 |
| 연구기간 | 2023.04.01 ~ 2023.12.31 |

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

| | |
|---|---|
| 과제고유번호 | 1711189640 |
| 과제번호 | 2023R1A2C3006499 |
| 부처명 | 과학기술정보통신부 |
| 과제관리(전문)기관명 | 한국연구재단 |
| 연구사업명 | 개인기초연구(과기정통부) |
| 연구과제명 | 초고종횡비 마이크로 구조의 고속 제작을 위한 비선형 광중합 하이브리드 공정 기술 개발 |
| 과제수행기관명 | 창원대학교 |
| 연구기간 | 2023.03.01 ~ 2024.02.29 |

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

다공성 나노 기공 표면층을 제조하는 단계;

상기 다공성 나노 기공 표면층에 -OH기를 형성하여 기능화하는 단계;

실레인 발수 코팅층을 형성하는 단계;

상기 실레인 발수 코팅층에 -OH기를 형성하여 기능화하는 단계;

점도가 5 내지 15 cS인 저점도 실리콘 윤활 코팅층을 형성하는 단계; 및

광 조사하는 단계;를 포함하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법.

### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 다공성 나노 기공 표면층을 제조하는 단계는,

친수성 광 경화 폴리머 및 수용성 폴리머를 혼합하는 단계;

상기 혼합물을 기판에 도포하는 단계;

상기 기판에 도포된 혼합물을 광 경화하는 단계; 및

상기 경화된 혼합물을 물에 침지하여 수용성 폴리머를 제거하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법.

### 청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 친수성 광 경화 폴리머 및 수용성 폴리머를 혼합하는 단계는,

상기 친수성 광 경화 폴리머 및 상기 수용성 폴리머를 1 : (0.5 내지 1.5)의 중량비로 혼합하는 것을 특징으로 하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법.

### 청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 광 경화하는 단계는,

UV 광 경화하는 것을 특징으로 하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법.

### 청구항 5

제 2항에 있어서,

상기 광 경화하는 단계는,

320 내지 400 nm 파장의 광을 통해 경화하는 것을 특징으로 하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머

구조체의 제조방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 다공성 나노 기공 표면층에 -OH기를 형성하여 기능화하는 단계는,

광 처리를 통해 표면을 기능화하는 것을 특징으로 하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 광 처리는,

자외선 세정(UV Ozone) 처리인 것을 특징으로 하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법.

청구항 8

제 6항에 있어서,

상기 광 처리는,

5 내지 20 분 동안 수행된 것을 특징으로 하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 실레인 발수 코팅층을 형성하는 단계는,

유리 용기에 액상의 실레인 계열의 나노 입자 용액을 도포하는 단계;

상기 유리 용기의 상단부에 기판을 배치하는 단계;

상기 유리 용기를 가열하여 상기 실레인 계열의 나노 입자 용액을 증발시키는 단계; 및

상기 증발된 나노 입자 용액이 표면에 코팅된 기판을 수득하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 실레인 계열의 나노 입자 용액은,

옥타데실트라이클로로 실레인(octadecyltrichloro silane, OTS), 아미노 실레인(amino silane), 비닐 실레인(vinyl silane), 에폭시 실레인(epoxy silane), 메타크릴록시 실레인(methacryloxy silane), 황 실레인(sulfide silane), 우레이드 실레인(ureide silane), 알킬 실레인(alkyl silane), 페닐 실레인(phenyl silane), 옥심 실레인(oxime silane), 이소시아네이트 실레인(isocyanato silane), 불소 실레인(fluoro silane), 비스(트릴메틸실릴)아민(HMDZ, hexamethyldisilazane), 알킬 실레인(alkyl silane) 및 아미노 실레인(amino silane)로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 이상인 것을 특징으로 하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수

성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법.

청구항 11

제 9항에 있어서,

상기 실레인 계열의 나노 입자 용액을 증발시키는 단계는,

100 내지 120 ℃에서 40 내지 60 분 동안 증발시키는 것을 특징으로 하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법.

청구항 12

제 1항에 있어서,

상기 실레인 발수 코팅층에 -OH기를 형성하여 기능화하는 단계는,

광 처리에 의해 표면을 기능화하는 것을 특징으로 하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 광 처리는,

자외선 세정(UV Ozone) 처리인 것을 특징으로 하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법.

청구항 14

제 12항에 있어서,

상기 광 처리는,

5 내지 20 분 동안 수행된 것을 특징으로 하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법.

청구항 15

제 1항에 있어서,

상기 점도가 5 내지 15 cS인 저점도 실리콘 윤활 코팅층을 형성하는 단계는,

점도가 5 내지 15 cS인 저점도 실리콘 윤활 소재를 상기 기능화된 실레인 발수 코팅층 상에 코팅하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법.

청구항 16

삭제

청구항 17

제 15항에 있어서,

상기 점도가 5 내지 15 cS인 저점도 실리콘 윤활 소재를 코팅하는 단계는,

상기 저점도 실리콘 윤활 소재를 10 내지 20 μL/$cm^2$의 양으로 코팅하는 것을 특징으로 하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법.

**청구항 18**

제 1항에 있어서,

상기 광 조사하는 단계는,

자외선 접목(UV grafting) 방법으로 조사하는 것을 특징으로 하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법.

**청구항 19**

제 1항에 있어서,

상기 광 조사하는 단계는,

자외선(UV)을 5,000 내지 14,000 mJ/$cm^2$ 조사량으로 조사하는 것을 특징으로 하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법.

**청구항 20**

제 1항에 있어서,

상기 광 조사하는 단계는,

320 내지 400 nm 파장의 광을 5,000 내지 14,000 mJ/$cm^2$ 조사량으로 조사하는 것을 특징으로 하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법에 관한 것으로, 보다 자세하게는, 벌레잡이통풀의 표면구조를 모방하여 다공성의 나노 기공 표면에 저점도의 실리콘 윤활제를 탑재하여 저점착의 미끄러운 표면을 구현한 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0003] 다양한 상태로 존재하는 물질의 부착 및 수송 제어는 의료, 공학, 에너지 등 많은 분야에 있어 매우 중요한 요소이다. 예를 들어, 의료용 소재에서 신종 코로나 19, 슈퍼 박테리아와 같은 감염성 병원체로부터 감염 회피 및 제어를 위해 화학적 표면 처리, 매미 날개와 같은 미세 표면구조 모방 등이 있다. 또한, 항공 산업, 에너지 관련 분야에서 얼음이 들러붙지 않도록 표면 처리나 표면구조의 제어하는 것 또한 중요한 이슈 중 하나이다.

[0004] 상기와 같이 다양한 물질과 표면의 상호작용을 통해 물질 부착 및 수송 제어와 관련한 연구는 많은 분야에서 큰 파급력을 미치며, 따라서 이에 대한 연구의 중요성이 매우 높아졌다.

[0005] 자연은 이미 고도의 진화 과정을 거쳐 생존을 위해 표면의 기능 및 구조를 발전해왔다. 이와 같은 자연의 지혜를 모방하여 여러 가지 기능성 표면 공학 기술들이 빠르게 발전하고 있다.

[0006] DLP(Digital light processing) 3D 프린터는 고해상도의 프로젝션 광으로 광 경화 수지에 마스크를 투영하여 모델을 조형하는 3D 프린터로, 면 단위의 고정밀 적층면을 형성하며 바닥에 투명한 수지 탱크와 수지 탱크로 내려

오는 빌드 플랫폼을 중심으로 제작되어 레이어를 거꾸로 한 층씩 쌓아 파트를 제작한다.

[0007] 상기 DLP 3D 프린터에서 제조된 조형물을 트레이에서 분리 시 트레이의 이형성이 떨어져 분리가 어려워 종래에는 실리콘, 필름 등의 이형제를 코팅하여 사용하고 있다.

[0008] 그러나, 상기와 같이 이형제를 코팅하게 되면 경화된 수지에 의해 이형제가 뜯겨나가는 현상이 자주 발생하여 출력 공정 시 손상이 발생하는 문제가 있을 수 있으며, 반복 사용 시 점진적으로 코팅층이 이형제에 의해 오염되어 제작되는 제조물의 품질이 저하되는 문제가 있을 수 있다.

[0009] 상기와 같은 문제로 인해, 조형물의 손상 및 오염이 발생하지 않고 조형물을 트레이에서 쉽게 분리할 수 있는 미끄러운 표면을 갖는 폴리머 구조체 및 이의 제조방법이 필요한 실정이다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0011] 본 발명의 목적은 상기와 같은 문제를 해결하기 위해, 조형물의 손상 및 오염이 발생되지 않고 조형물을 트레이에서 쉽게 분리할 수 있는 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법을 제공하는 것이다.

[0012] 또한, 본 발명의 목적은 벌레잡이통풀의 표면구조를 모방하여 다공성의 나노 기공 표면에 저점도의 실리콘 윤활 소재를 탑재하여 광을 이용한 표면 처리를 통해 저점착의 미끄러운 표면을 구현한 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법을 제공하는 것이다.

[0013] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 본 발명의 기재로부터 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0015] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 다공성 나노 기공 표면층을 제조하는 단계; 상기 다공성 나노 기공 표면층을 기능화하는 단계; 실레인 발수 코팅층을 형성하는 단계; 상기 실레인 발수 코팅층을 기능화하는 단계; 저점도 실리콘 윤활 코팅층을 형성하는 단계; 및 광 조사하는 단계;를 포함하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법을 제공한다.

[0016] 본 발명에 있어서, 상기 다공성 나노 기공 표면층을 제조하는 단계는, 친수성 광 경화 폴리머 및 수용성 폴리머를 혼합하는 단계; 상기 혼합물을 기판에 도포하는 단계; 상기 기판에 도포된 혼합물을 광 경화하는 단계; 및 상기 경화된 혼합물을 물에 침지하여 수용성 폴리머를 제거하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 본 발명에 있어서, 상기 친수성 광 경화 폴리머 및 수용성 폴리머를 혼합하는 단계는, 상기 친수성 광 경화 폴리머 및 상기 수용성 폴리머를 1 : 0.5 내지 1.5의 중량비로 혼합하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 본 발명에 있어서, 상기 광 경화하는 단계는, UV 광 경화하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 본 발명에 있어서, 상기 광 경화하는 단계는, 320 내지 400 nm 파장의 광을 통해 경화하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 본 발명에 있어서, 상기 다공성 나노 기공 표면층을 기능화하는 단계는, 광 처리를 통해 표면을 기능화하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 본 발명에 있어서, 상기 광 처리는, 자외선 세정(UV Ozone) 처리인 것을 특징으로 한다.

[0022] 본 발명에 있어서, 상기 광 처리는, 5 내지 20 분 동안 수행된 것을 특징으로 한다.

[0023] 본 발명에 있어서, 상기 실레인 발수 코팅층을 형성하는 단계는, 유리 용기에 액상의 실레인 계열의 나노 입자 용액을 도포하는 단계; 상기 유리 용기의 상단부에 기판을 배치하는 단계; 상기 유리 용기를 가열하여 상기 실레인 계열의 나노 입자 용액을 증발시키는 단계; 및 상기 증발된 나노 입자 용액이 표면에 코팅된 기판을 수득하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0024] 본 발명에 있어서, 상기 실레인 계열의 나노 입자 용액은, 옥타데실트라이클로로 실레인(octadecyltrichloro silane, OTS), 아미노 실레인(amino silane), 비닐 실레인(vinyl silane), 에폭시 실레인(epoxy silane), 메타크릴록시 실레인(methacryloxy silane), 황 실레인(sulfide silane), 우레이드 실레인(ureide silane), 알킬 실레인(alkyl silane), 페닐 실레인(phenyl silane), 옥심 실레인(oxime silane), 이소시아네이트 실레인

(isocyanato silane), 불소 실레인(fluoro silane), 비스(트릴메틸실릴)아민(HMDZ, hexamethyldisilazane), 알킬 실레인(alkyl silane) 및 아미노 실레인(amino silane)로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 이상인 것을 특징으로 한다.

[0025] 본 발명에 있어서, 상기 실레인 계열의 나노 입자 용액을 증발시키는 단계는, 100 내지 120 ℃에서 40 내지 60 분 동안 증발시키는 것을 특징으로 한다.

[0026] 본 발명에 있어서, 상기 실레인 발수 코팅층을 기능화하는 단계는, 광 처리에 의해 표면을 기능화하는 것을 특징으로 한다.

[0027] 본 발명에 있어서, 상기 광 처리는, 자외선 세정(UV Ozone) 처리인 것을 특징으로 한다.

[0028] 본 발명에 있어서, 상기 광 처리는, 5 내지 20 분 동안 수행된 것을 특징으로 한다.

[0029] 본 발명에 있어서, 상기 저점도 실리콘 윤활 코팅층을 형성하는 단계는, 저점도 실리콘 윤활 소재를 상기 기능화된 실레인 발수 코팅층 상에 코팅하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0030] 본 발명에 있어서, 상기 저점도 실리콘 윤활 소재는, 점도가 5 내지 15 cS인 것을 특징으로 한다.

[0031] 본 발명에 있어서, 상기 저점도 실리콘 윤활 소재를 코팅하는 단계는, 상기 저점도 실리콘 윤활 소재를 10 내지 20 $\mu L/cm^2$의 양으로 코팅하는 것을 특징으로 한다.

[0032] 본 발명에 있어서, 상기 광 조사하는 단계는, 자외선 접목(UV grafting) 방법으로 조사하는 것을 특징으로 한다.

[0033] 본 발명에 있어서, 상기 광 조사하는 단계는, 자외선(UV)을 5,000 내지 14,000 $mJ/cm^2$ 조사량으로 조사하는 것을 특징으로 한다.

[0034] 본 발명에 있어서, 상기 광 조사하는 단계는, 320 내지 400 nm 파장의 광을 5,000 내지 14,000 $mJ/cm^2$ 조사량으로 조사하는 것을 특징으로 한다.

## *발명의 효과*

[0036] 상기 과제의 해결 수단에 의해, 본 발명은 조형물의 손상 및 오염이 발생되지 않고 조형물을 트레이에서 쉽게 분리할 수 있는 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법을 제공할 수 있다.

[0037] 또한, 본 발명은 벌레잡이통풀의 표면구조를 모방하여 다공성의 나노 기공 표면에 저점도의 실리콘 윤활 소재를 탑재하여 광을 이용한 표면 처리를 통해 저점착의 미끄러운 표면을 구현한 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법을 제공할 수 있다.

[0038] 또한, 본 발명은 광을 이용한 간단한 표면 처리를 통해 미끄러운 저점착 표면을 구현 가능한 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법을 제공할 수 있다.

[0039] 또한, 본 발명은 미끄러운 표면 특성을 이용하여 자가 세정 표면으로 적용이 가능한 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법을 제공할 수 있다.

[0040] 또한, 본 발명은 방수, 방오 및 방빙 소재 및 디스플레이 소재로 활용 가능한 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법을 제공할 수 있다.

[0041] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 청구범위의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

## *도면의 간단한 설명*

[0043] 도 1은 본 발명에 따른 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조 공정을 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명에 따른 광 경화성 폴리머 및 수용성 폴리머의 혼합 비율에 따른 폴리머의 SEM 관측 결과를 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명에 따른 광 경화성 폴리머 및 수용성 폴리머의 혼합 비율에 따른 폴리머의 기공 크기 및 개수를 나타내는 도면이다.

도 4는 본 발명에 따른 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조 단계별 표면의 물 접촉각 측정 결과를 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명에 따른 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 (a) 다양한 액적에 대한 접촉각 및 (b) 다양한 액적에 대한 미끄럼각을 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명에 따른 기공이 형성되지 않은 폴리머 구조체의 (a) 표면에 액적이 접촉한 상태, (b) 액적이 증발된 표면, (c) 시간에 따른 접촉 반경 및 (d) 시간에 따른 접촉각을 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명에 따른 다공성 폴리머 구조체의 (a) 표면에 액적이 접촉한 상태, (b) 액적이 증발된 표면, (c) 시간에 따른 접촉 반경 및 (d) 시간에 따른 접촉각을 나타내는 도면이다.

도 8은 본 발명에 따른 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 (a) 표면에 액적이 접촉한 상태, (b) 액적이 증발된 표면, (c) 시간에 따른 접촉 반경 및 (d) 시간에 따른 접촉각을 나타내는 도면이다.

도 9는 본 발명에 따른 (a) 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머를 사용한 3D 프린터 및 (b) 상기 3D 프린터를 이용하여 제조된 조형물을 나타내는 도면이다.

도 10은 본 발명에 따른 (a) 실시예 및 비교예에서 제조된 폴리머 구조체의 파장에 따른 투과도 및 (b) 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체를 나타내는 도면이다.

도 11은 본 발명에 따른 방오 실험 장치를 나타내는 도면이다.

도 12는 본 발명에 따른 실시예 및 비교예에서 제조된 폴리머 구조체의 SEM 관측 결과를 나타내는 도면이다.

도 13은 본 발명에 따른 실시예 및 비교예에서 제조된 폴리머 구조체의 (a) 시간에 따른 접착력 및 (b) 평균 면적당 힘을 나타내는 도면이다.

## *발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

[0044] 본 명세서에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 판례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당하는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

[0045] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 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 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0046] 수치 범위는 상기 범위에 정의된 수치를 포함한다. 본 명세서에 걸쳐 주어진 모든 최대의 수치 제한은 낮은 수치 제한이 명확히 쓰여 있는 것처럼 모든 더 낮은 수치 제한을 포함한다. 본 명세서에 걸쳐 주어진 모든 최소의 수치 제한은 더 높은 수치 제한이 명확히 쓰여 있는 것처럼 모든 더 높은 수치 제한을 포함한다. 본 명세서에 걸쳐 주어진 모든 수치 제한은 더 좁은 수치 제한이 명확히 쓰여 있는 것처럼, 더 넓은 수치 범위 내의 더 좋은 모든 수치 범위를 포함할 것이다.

[0048] <u>미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체</u>

[0049] 본 발명은 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체에 관한 것이다.

[0050] 본 발명은, 기능화된 다공성 나노 기공 표면층; 기능화된 실레인(silane) 발수 코팅층; 및 저점도 실리콘 윤활 코팅층;을 포함하며, 광 조사를 통해 고착된, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체에 관한 것이다.

[0051] 상기 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체는 저점성 실리콘 윤활 소재를 평평한 표면 대비 상대적으로 많은 양을 효과적으로 머금고 있는 다공성 나노 기공 표면을 포함하는 것일 수 있다.

[0052] 본 발명에 있어서, 상기 기능화된 다공성 나노 기공 표면층은, 친수성 광 경화 폴리머 및 수용성 폴리머 혼합물

을 광 경화 후 물에 침지시켜 상기 수용성 폴리머를 제거한 다공성 폴리머를 포함하는 것일 수 있다.

[0053] 본 발명에 있어서, 상기 친수성 광 경화 폴리머 및 수용성 폴리머 혼합물은, 상기 친수성 광 경화 폴리머 및 상기 수용성 폴리머가 1 : 0.5 내지 1.5의 중량비로 혼합된 것일 수 있으며, 바람직하게는 1 : 1의 중량비로 혼합된 것일 수 있다.

[0054] 상기 중량비로 혼합될 경우 저점성 실리콘 윤활 소재를 가장 많이 머금을 수 있는 나노 기공의 밀도가 높은 구조가 형성되는 것일 수 있다. 상기 친수성 광 경화 폴리머 및 상기 수용성 폴리머가 1 : 0.5 중량비로 혼합될 경우 많은 기공으로 인해 폴리머의 내구성이 저하되는 문제가 발생할 수 있으며 1 : 1.5의 중량비로 혼합될 경우 기공이 충분히 형성되지 않아 저점성 실리콘 윤활 소재를 포함하지 못하여 미끄러운 특성이 발현되지 않을 수 있다.

[0055] 본 발명에 있어서, 상기 광 경화는, UV 광 경화인 것일 수 있다.

[0056] 본 발명에 있어서, 상기 광 경화는, 320 내지 400 nm 파장의 광을 통한 경화인 것일 수 있다.

[0057] 본 발명에 있어서, 상기 기능화된 다공성 나노 기공 표면층은, 기공 크기가 0.1 내지 60 nm인 것일 수 있다. 상기 기공 크기가 0.1 nm 미만일 경우 상기 기공 내에 상기 저점성 실리콘 윤활 소재가 도입되지 않을 수 있으며, 60 nm를 초과할 경우 폴리머 구조체의 내구성이 저하될 수 있다.

[0058] 본 발명에 있어서, 상기 기능화된 다공성 나노 기공 표면층은, 평균 기공 크기가 11 내지 18 nm인 것일 수 있다.

[0059] 본 발명에 있어서, 상기 기능화된 다공성 나노 기공 표면층은, 표면층 면적 100 % 대비 기공률이 40 내지 60 %인 것일 수 있다. 상기 기공률이 40 % 미만인 경우, 상기 폴리머 구조체가 포함하고 있는 상기 저점성 실리콘 윤활 소재의 양이 충분하지 않아 미끄러운 표면 성능이 나타나지 않을 수 있으며, 60 %를 초과하는 경우 상기 폴리머 구조체의 내구성이 저하될 수 있다.

[0060] 본 발명에 있어서, 상기 기능화된 다공성 나노 기공 표면층은, 광 처리에 의해 표면이 기능화된 것일 수 있다. 상기 기능화는 상기 나노 기공 표면이 친수성을 가지게 되어 물방울이 고정(pinning) 현상이 일어나 미끄러지지 않을 수 있기 때문에 이를 방지하기 위한 발수 코팅인 것일 수 있다.

[0061] 본 발명에 있어서, 상기 광 처리는, 자외선 세정(UV Ozone) 처리인 것일 수 있다. 상기 자외선 세정 처리는 발수 코팅 전 표면 기능화를 위한 전처리 단계인 것일 수 있다. 상기 자외선 세정을 통해 실레인(-Silane) 나노 입자와의 화학적 결합을 유도하여 -OH기를 형성하는 것일 수 있다.

[0062] 본 발명에 있어서, 상기 광 처리는, 5 내지 20 분 동안 수행하는 것일 수 있다. 상기 광 처리를 5 분 미만으로 수행할 경우 상기 표면층에 -OH기가 형성되지 않을 수 있으며, 20 분을 초과하여 수행할 경우 강한 열과 빛 에너지로 인해 상기 표면의 형상이 변형될 수 있다.

[0063] 본 발명에 있어서, 상기 기능화된 다공성 나노 기공 표면층은, -OH기가 형성된 것일 수 있다.

[0064] 본 발명에 있어서, 상기 기능화된 실레인(silane) 발수 코팅층은, 실레인계 나노 입자를 포함하는 것일 수 있다.

[0065] 상기 실레인 발수 코팅층은 비커에 액상의 실레인 계열의 나노 입자 용액을 도포하고 상기 비커의 상단부에 시편을 배치한 후 100 내지 120 ℃의 온도 환경에서 40 내지 60 분 동안 증발시켜 나노 입자를 표면에 코팅하여 형성된 것일 수 있다.

[0066] 본 발명에 있어서, 상기 실레인계 나노 입자는, 옥타데실트라이클로로 실레인(octadecyltrichloro silane, OTS), 아미노 실레인(amino silane), 비닐 실레인(vinyl silane), 에폭시 실레인(epoxy silane), 메타크릴록시 실레인(methacryloxy silane), 황 실레인(sulfide silane), 우레이드 실레인(ureide silane), 알킬 실레인(alkyl silane), 페닐 실레인(phenyl silane), 옥심 실레인(oxime silane), 이소시아네이트 실레인(isocyanato silane), 불소 실레인(fluoro silane), 비스(트릴메틸실릴)아민(HMDZ, hexamethyldisilazane), 알킬 실레인(alkyl silane) 및 아미노 실레인(amino silane)로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 이상인 것일 수 있으나 이제 한정된 것은 아니다.

[0067] 본 발명에 있어서, 상기 기능화된 실레인(silane) 발수 코팅층은, 광 처리에 의해 표면이 기능화된 것일 수 있다.

[0068] 상기 기능화는 상기 발수 코팅된 표면에 2차로 기능화 처리하여 후에 코팅될 저점성 실리콘 윤활 소재와의 화학적 결합을 위해 -OH 기를 형성하기 위한 것일 수 있다.

[0069] 본 발명에 있어서, 상기 광 처리는, 자외선 세정(UV Ozone) 처리인 것일 수 있다.

[0070] 본 발명에 있어서, 상기 광 처리는, 5 내지 20 분 동안 수행된 것일 수 있다. 상기 광 처리를 5 분 미만으로 수행할 경우 상기 표면층에 -OH기가 형성되지 않을 수 있으며, 20 분을 초과하여 수행할 경우 강한 열과 빛 에너지로 인해 상기 표면의 형상이 변형될 수 있다.

[0071] 본 발명에 있어서, 상기 기능화된 실레인 발수 코팅층은, -OH기가 형성된 것일 수 있다.

[0072] 본 발명에 있어서, 상기 저점도 실리콘 윤활 코팅층은, 5 내지 15 cS의 저점도 실리콘 윤활 소재를 포함하는 것일 수 있다. 상기 점도가 15 cS를 초과하는 경우 높은 점성으로 인해 미끄러운 표면 특성이 구현되지 않을 수 있으며, 5 cS 미만일 경우 점성이 나타나지 않아 물에 대한 낮은 미끄럼 각 및 액적 응집 현상 등의 효과를 나타내는 미끄러운 표면 특성이 구현되지 않을 수 있다.

[0073] 본 발명에 있어서, 상기 저점도 실리콘 윤활 코팅층은, 표면 장력이 18 내지 23 mN/m인 것일 수 있다.

[0074] 본 발명에 있어서, 상기 광 조사는, 자외선 접목(UV grafting)인 것일 수 있다. 상기 자외선 접목 광 조사를 통해 상기 다공성 표면층 및 상기 저점성 실리콘 윤활 코팅층이 화학적으로 결합되어 상기 다공성 표면층에 폴리머 브러쉬(polymer brush)를 형성하는 것일 수 있다. 상기와 같이 형성된 폴리머 브러쉬로 인해 우수한 미끄럼성 및 이로 인해 액적의 응집 현상을 나타내게 하는 것일 수 있다.

[0075] 본 발명에 있어서, 상기 광 조사는, 자외선(UV)을 5,000 내지 14,000 mJ/$cm^2$ 조사량으로 조사한 것일 수 있다. 상기 자외선을 5,000 mJ/$cm^2$ 조사량 미만으로 조사할 경우 상기 표면층에 폴리머 브러쉬 형성을 위한 -OH기가 형성되지 않을 수 있으며, 14,000 mJ/$cm^2$ 조사량을 초과하여 조사할 경우 강한 열과 빛 에너지로 인해 상기 표면층의 형상이 변형될 수 있다.

[0076] 본 발명에 있어서, 상기 광 조사는, 320 내지 400 nm 파장의 광을 5,000 내지 14,000 mJ/$cm^2$ 조사량으로 조사한 것일 수 있다.

[0077] 본 발명에 있어서, 상기 폴리머 구조체의 표면은, 80 내지 100 ° 의 물 접촉각을 나타내는 것일 수 있다.

[0078] 본 발명에 있어서, 상기 폴리머 구조체의 표면은, 0.4 내지 1.2 ° 의 물 미끄럼 각을 나타내는 것일 수 있다.

[0079] 본 발명에 있어서, 상기 폴리머 구조체의 표면은, 21 내지 32 ° 의 오일 접촉각을 나타내는 것일 수 있다. 상기 폴리머 구조체는 유우, FC 오일, 올리브 오일 및 꿀을 포함하는 다양한 액적에 대해서 높은 접촉각 및 미끄럼 각을 나타내는 것일 수 있다.

[0080] 상기 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체는 광 경화 소재를 포함하기 때문에 도 9에 나타난 바와 같이 디지털 패터닝(Digtal patterning)이 가능한 것일 수 있다. 디지털 패터닝된 상기 폴리머 구조체는 표면에만 물이 젖지 않아 액체 패턴(liquid pattern)이 나타나는 것일 수 있다. 상기와 같이 만들고자 하는 형상대로 형상을 만들 수 있으며, 액적의 유동 제어가 가능한 것일 수 있다.

[0081] 본 발명은 상기 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체를 포함하는, 3D 프린팅용 이형 필름에 관한 것이다.

[0082] 본 발명에 있어서, 상기 3D 프린팅은, DLP 프린트인 것일 수 있다.

[0083] 본 발명은 상기 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체를 포함하는, 방수, 방오 및 방빙 소재에 관한 것이다. 상기 방수, 방오 및 방빙 소재는 표면에 형성된 얼음도 잘 미끄러지는 특성이 나타나는 것일 수 있다. 상기 소재는 극한 환경에서의 방빙 표면으로 적용이 가능한 것일 수 있다.

[0084] 본 발명은 상기 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체를 포함하는, 디스플레이 소재에 관한 것이다.

[0085] 상기 폴리머 구조체는 약물 전달에 필요한 채널 구조 및 자가 세정 특성을 이용한 외부 환경에 노출된 QR 코드 등에 활용될 수 있는 것일 수 있다.

[0087] 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법

[0088] 본 발명은 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법에 관한 것이다.

[0089] 본 발명은 다공성 나노 기공 표면층을 제조하는 단계; 상기 다공성 나노 기공 표면층을 기능화하는 단계; 실레인 발수 코팅층을 형성하는 단계; 상기 실레인 발수 코팅층을 기능화하는 단계; 저점도 실리콘 윤활 코팅층을 형성하는 단계; 및 광 조사하는 단계;를 포함하는, 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법에 관한 것이다.

[0090] 상기 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법은 저점성 실리콘 윤활 소재를 평평한 표면 대비 상대적으로 많은 양을 효과적으로 머금고 있는 다공성 나노 기공 표면을 제조하는 것을 포함하는 것일 수 있다.

[0091] 본 발명에 있어서, 상기 다공성 나노 기공 표면층을 제조하는 단계는, 친수성 광 경화 폴리머 및 수용성 폴리머를 혼합하는 단계; 상기 혼합물을 기판에 도포하는 단계; 상기 기판에 도포된 혼합물을 광 경화하는 단계; 및 상기 경화된 혼합물을 물에 침지하여 수용성 폴리머를 제거하는 단계;를 포함하는 것일 수 있다.

[0092] 본 발명에 있어서, 상기 친수성 광 경화 폴리머 및 수용성 폴리머를 혼합하는 단계는, 상기 친수성 광 경화 폴리머 및 상기 수용성 폴리머를 1 : 0.5 내지 1.5의 중량비로 혼합하는 것일 수 있다.

[0093] 상기 중량비로 혼합될 경우 저점성 실리콘 윤활 소재를 가장 많이 머금을 수 있는 나노 기공의 밀도가 높은 구조가 형성되는 것일 수 있다. 상기 친수성 광 경화 폴리머 및 상기 수용성 폴리머가 1 : 0.5 중량비로 혼합될 경우 많은 기공으로 인해 폴리머의 내구성이 저하되는 문제가 발생할 수 있으며 1 : 1.5의 중량비로 혼합될 경우 기공이 충분히 형성되지 않아 저점성 실리콘 윤활 소재를 포함하지 못하여 미끄러운 특성이 발현되지 않을 수 있다.

[0094] 본 발명에 있어서, 상기 광 경화하는 단계는, UV 광 경화하는 것일 수 있다.

[0095] 본 발명에 있어서, 상기 광 경화하는 단계는, 320 내지 400 nm 파장의 광을 통해 경화하는 것일 수 있다.

[0096] 본 발명에 있어서, 상기 다공성 나노 기공 표면층을 기능화하는 단계는, 광 처리를 통해 표면을 기능화하는 것일 수 있다. 상기 기능화는 상기 나노 기공 표면이 친수성을 가지게 되어 물방울이 고정(pinning) 현상이 일어나 미끄러지지 않을 수 있어 이를 방지하기 위한 발수 코팅인 것일 수 있다.

[0097] 본 발명에 있어서, 상기 광 처리는, 자외선 세정(UV Ozone) 처리인 것일 수 있다. 상기 자외선 세정 처리는 발수 코팅 전 표면 기능화를 위한 전처리 단계인 것일 수 있다. 상기 자외선 세정을 통해 실레인(-Silane) 나노 입자와의 화학적 결합을 유도하여 -OH기를 형성하는 것일 수 있다.

[0098] 본 발명에 있어서, 상기 광 처리는, 5 내지 20 분 동안 수행된 것일 수 있다. 상기 광 처리를 5 분 미만으로 수행할 경우 상기 표면층에 -OH기가 형성되지 않을 수 있으며, 20 분을 초과하여 수행할 경우 강한 열과 빛 에너지로 인해 상기 표면의 형상이 변형될 수 있다.

[0099] 본 발명에 있어서, 상기 실레인 발수 코팅층을 형성하는 단계는, 유리용기에 액상의 실레인 계열의 나노 입자 용액을 도포하는 단계; 상기 유리용기의 상단부에 기판을 배치하는 단계; 상기 유리용기를 가열하여 상기 실레인 계열의 나노 입자 용액을 증발시키는 단계; 및 상기 증발된 나노 입자 용액이 표면에 코팅된 기판을 수득하는 단계;를 포함하는 것일 수 있다.

[0100] 본 발명에 있어서, 상기 실레인 계열의 나노 입자 용액은, 옥타데실트라이클로로 실레인(octadecyltrichloro silane, OTS), 아미노 실레인(amino silane), 비닐 실레인(vinyl silane), 에폭시 실레인(epoxy silane), 메타크릴록시 실레인(methacryloxy silane), 황 실레인(sulfide silane), 우레이드 실레인(ureide silane), 알킬 실레인(alkyl silane), 페닐 실레인(phenyl silane), 옥심 실레인(oxime silane), 이소시아네이트 실레인(isocyanato silane), 불소 실레인(fluoro silane), 비스(트릴메틸실릴)아민(HMDZ, hexamethyldisilazane), 알킬 실레인(alkyl silane) 및 아미노 실레인(amino silane)로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 이상인 것일 수 있다.

[0101] 본 발명에 있어서, 상기 실레인 계열의 나노 입자 용액을 증발시키는 단계는, 100 내지 120 ℃에서 40 내지 60 분 동안 증발시키는 것일 수 있다.

[0102] 본 발명에 있어서, 상기 실레인 발수 코팅층을 기능화하는 단계는, 광 처리에 의해 표면을 기능화하는 것일 수

있다. 상기 기능화는 상기 발수 코팅된 표면에 2차로 기능화 처리하여 후에 코팅될 저점성 실리콘 윤활 소재와의 화학적 결합을 위해 -OH 기를 형성하기 위한 것일 수 있다.

[0103] 본 발명에 있어서, 상기 광 처리는, 자외선 세정(UV Ozone) 처리인 것일 수 있다.

[0104] 본 발명에 있어서, 상기 광 처리는, 5 내지 20 분 동안 수행된 것일 수 있다. 본 발명에 있어서, 상기 광 처리는, 5 내지 20 분 동안 수행된 것일 수 있다. 상기 광 처리를 5 분 미만으로 수행할 경우 상기 표면층에 -OH기가 형성되지 않을 수 있으며, 20 분을 초과하여 수행할 경우 강한 열과 빛 에너지로 인해 상기 표면의 형상이 변형될 수 있다. 상기 기능화를 통해 상기 실레인 발수 코팅층 상에 -OH기가 형성되는 것일 수 있다.

[0105] 본 발명에 있어서, 상기 저점도 실리콘 윤활 코팅층을 형성하는 단계는, 저점도 실리콘 윤활 소재를 상기 기능화된 실레인 발수 코팅층 상에 코팅하는 단계;를 포함하는 것일 수 있다.

[0106] 본 발명에 있어서, 상기 저점도 실리콘 윤활 소재는, 점도가 5 내지 15 cS인 것일 수 있다. 상기 점도가 15 cS를 초과하는 경우 높은 점성으로 인해 미끄러운 표면 특성이 구현되지 않을 수 있으며, 5 cS 미만일 경우 점성이 나타나지 않아 물에 대한 낮은 미끄럼 각 및 액적 응집 현상 등의 효과를 나타내는 미끄러운 표면 특성이 구현되지 않을 수 있다.

[0107] 본 발명에 있어서, 상기 저점도 실리콘 윤활 소재를 코팅하는 단계는, 상기 저점도 실리콘 윤활 소재를 10 내지 20 $\mu L/cm^2$의 양으로 코팅하는 것일 수 있다. 상기 실리콘 윤활 소재를 10 $\mu L/cm^2$ 미만의 양으로 코팅할 경우 미끄러운 표면 특성이 구현되지 않을 수 있으며, 20 $\mu L/cm^2$를 초과하는 양으로 코팅할 경우 상기 다공성 표면층의 표면을 오염시키는 문제가 나타날 수 있다.

[0108] 본 발명에 있어서, 상기 광 조사하는 단계는, 자외선 접목(UV grafting) 방법으로 조사하는 것일 수 있다. 상기 자외선 접목 광 조사를 통해 상기 다공성 표면층 및 상기 저점성 실리콘 윤활 코팅층이 화학적으로 결합되어 상기 다공성 표면층에 폴리머 브러쉬(polymer brush)를 형성하는 것일 수 있다. 상기와 같이 형성된 폴리머 브러쉬로 인해 우수한 미끄럼성 및 이로 인해 액적의 응집 현상을 나타내게 하는 것일 수 있다.

[0109] 본 발명에 있어서, 상기 광 조사하는 단계는, 자외선(UV)을 5,000 내지 14,000 $mJ/cm^2$ 조사량으로 조사하는 것일 수 있다. 상기 자외선을 5,000 $mJ/cm^2$ 조사량 미만으로 조사할 경우 상기 표면층에 폴리머 브러쉬 형성을 위한 -OH기가 형성되지 않을 수 있으며, 14,000 $mJ/cm^2$ 조사량을 초과하여 조사할 경우 강한 열과 빛 에너지로 인해 상기 표면층의 형상이 변형될 수 있다.

[0110] 본 발명에 있어서, 상기 광 조사하는 단계는, 320 내지 400 nm 파장의 광을 5,000 내지 14,000 $mJ/cm^2$ 조사량으로 조사하는 것일 수 있다.

[0112] <u>실시예</u>

[0113] 이하, 본 발명의 실시예를 상세히 기술하나, 하기 실시예에 의해 본 발명이 한정되지 아니함은 자명하다.

[0114] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해 질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0116] **<실시예 1> 다공성 폴리머 구조체**

[0117] 수용성 소재인 폴리에틸렌 글리콜(Polyethylene glycol, PEG)을 광경화성 소재인 폴리우레탄 아크릴레이트(Polyurethane acrylate)계열의 광경화성 레진과 1 : 1의 중량비(wt%)로 혼합하였다. 이후 상기 레진을 경화시키고 물에 1시간 동안 침지한 후 70 ℃ 오븐 환경에 1 시간 동안 건조하여 나노 기공이 형성된 폴리머 구조체를 제조하였다.(step 1)

[0119] **<실시예 2> 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체**

[0120] 상기 실시예 1에서 제조된 폴리머 구조체를 184 내지 255 nm 파장의 UV-B 광을 15분 동안 조사하여 하이드록시그룹(hydroxyl group)을 형성하였다.(step 2)

[0121] 이후 옥타데실트라이클로로 실레인(Octadecyltrichloro silane, OTS)를 120 ℃ 온도의 가열판에서 40 분 동안 기상 증착하여 상기 폴리머 구조체의 표면에 형성된 상기 하이드록시 그룹과 상기 OTS가 결합된 발수 코팅층을 형성하였다.(step 3)

[0122] 상기 발수 코팅층 상에 20 분 동안 UV 오존 처리하여 표면에 한 차례 더 하이드록시 그룹을 형성하였다.(step 4)

[0123] 상기 코팅층 상에 실리콘 오일을 10 μL/$cm^2$의 용량으로 드롭 코팅(drop coating) 하였다.(step 5)

[0124] 이후 205 내지 340 nm 파장의 UV-B 광을 20 mJ/$cm^2$ 조사량으로 15분 동안 조사하여 상기 다공성 표면과 상기 실리콘 오일의 결합을 유도하여 표면층에 상기 실리콘 오일이 충진되어 있는 PDMS 브러쉬(brush)를 형성된 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체를 제조하였다.(step 6)

[0126] **<비교예 1-1>**

[0127] 상기 수용성 소재인 폴리에틸렌 글리콜과 상기 폴리우레탄 아크릴레이트 계열의 광 경화성 레진과 10 : 1의 중량비(wt%)로 혼합한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 제조하였다.

[0129] **<비교예 1-2>**

[0130] 상기 수용성 소재인 폴리에틴렌 글리콜과 상기 폴리우레탄 아크릴레이트 계열의 광 경화성 레진과 2 : 1의 중량비(wt%)로 혼합한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 제조하였다.

[0131]

[0132] **<비교예 2>**

[0133] 종래의 평평한 표면을 갖는 폴리머 구조체를 제조하였다.

[0135] **<실험예 1> SEM 분석**

[0136] 상기 실시예 1 및 비교예 1-1 내지 1-2에서 제조된 폴리머 구조체의 표면을 SEM으로 분석하고 이에 대한 결과를 도 2로 나타내었다.

[0137] 도 2에 나타난 바와 같이, 상기 비교예 1-1의 수용성 소재 및 광 경화성 레진을 10 : 1의 중량비로 혼합하여 제조한 폴리머 구조체의 표면에는 나노 기공이 형성되지 않았다. 상기 비교예 1-2에서 제조된 수용성 소재 및 광 경화성 레진을 2 : 1의 중량비로 혼합하여 제조한 폴리머 구조체의 표면에는 매우 작은 크기의 나노 기공이 형성되었다.

[0138] 반면, 상기 실시예 1의 수용성 소재 및 광 경화성 레진을 1 : 1의 중량비로 혼합하여 제조된 폴리머 구조체의 표면에는 상기 비교예 1-2에서 형성된 나노 기공과 비교하여 큰 크기의 나노 기공이 형성되었다.

[0139] 상기와 같은 결과를 통해, 본 발명에 따른 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법에 한정된 조건에 따라 수용성 소재 및 광 경화성 레진을 1 : 1의 중량비로 혼합하여 폴리머 구조체를 제조하였을 때 큰 크기의 나노 기공이 높은 밀도로 형성되어 저점성 실리콘 윤활 소재를 포함할 수 있음을 확인하였다.

[0141] **<실험예 2> 형성된 나노 기공 측정**

[0142] 상기 실시예 1 및 비교예 1-2에서 제조된 폴리머 구조체의 표면에 형성된 나노 기공의 크기 및 수를 측정하고 이에 대한 결과를 도 3으로 나타내었다.

[0143] 도 3에 나타난 바와 같이, 상기 비교예 1-2의 폴리머 구조체에는 0 내지 10 nm 크기의 나노 기공을 가장 많이 포함하고 있으며, 11 내지 20 nm 크기의 나노 기공을 일부 포함하는 것으로 나타났다.

[0144] 반면, 실시예 1의 폴리머 구조체는 11 내지 20 nm 크기의 나노 기공을 가장 많이 포함한 것으로 나타났다. 0 내지 10 nm 크기의 나노 기공은 상대적으로 적게 포함하고 있으며, 21 내지 60 nm 크기의 나노 기공 또한 일부 포함하고 있는 것으로 나타났다.

[0145] 상기와 같은 결과를 통해, 본 발명에 따른 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법에 한정된 조건에 따라 수용성 소재 및 광 경화성 레진을 1 : 1의 중량비로 혼합하여 폴리머 구조체를 제조하였을 때 큰 크기의 나노 기공이 높은 밀도로 형성되어 저점성 실리콘 윤활 소재를 포함할 수 있음을 확인하였다.

[0147] **<실험예 3> 제조 단계별 표면의 물 접촉각 측정**

[0148] 상기 실시예 1 및 실시예 2의 각 제조 단계별로 형성된 표면의 물 접촉각을 측정하고, 이에 대한 결과를 도 4로 나타내었다.

[0149] 도 4에 나타난 바와 같이, 상기 실시예 1의 step 1 단계부터 상기 실시예 2의 step 3 단계의 실레인 발수 코팅층이 형성될 때 까지 물 접촉각이 증가하는 것으로 나타났다. 상기 실시예 2의 step 4 단계의 발수 코팅층이 기능화되면 물 접촉각이 대폭 감소하는 것으로 나타났으나 상기 발수 코팅층 상에 윤활 코팅층을 형성하는 setp 5 단계 및 광 조사하는 setp 6 단계를 거쳐 물 접촉각이 증가하는 것으로 나타났다,

[0150] 상기와 같은 결과를 통해, 본 발명에 따른 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체의 제조방법에서 한정하고 있는 모든 단계를 포함하여 제조를 진행해야만 제조한 폴리머 구조체에서 미끄러운 표면이 나타나는 것을 확인하였다.

[0152] **<실험예 4> 다양한 액적의 접촉각 및 미끄럼각 측정**

[0153] 상기 실시예 2에서 제조된 폴리머 구조체의 표면 물, 우유, FC 오일, 올리브 오일 및 꿀을 떨어트려 각 액적에 대한 접촉각 및 미끄럼각을 측정하고, 이에 대한 결과를 도 5로 나타내었다.

[0154] 도 5에 나타난 바와 같이, 상기 실시예 2의 폴리머 구조체는 물에 대해 97.0 ± 2.2 ° 의 접촉각 및 0.8 ± 0.4 ° 의 미끄럼각으로 우수한 발수성을 나타내는 것을 확인하였다. 또한, 우유, FC 오일, 올리브 오일 및 꿀에 대해서도 각 액적의 특성을 고려하였을 때 종래의 필름에 비해 우수한 발수성을 나타냈다.

[0155] 상기와 같은 결과를 통해, 본 발명에 따른 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체는 다양한 액적에 대해 우수한 발수성을 나타내는 저점착성 및 미끄럼성을 갖는 것을 확인하였다.

[0157] **<실험예 5> 미끄럼 성능 분석**

[0158] 상기 비교예 2 및 상기 실시예 1 내지 2에서 제조된 폴리머 구조체에 2 μL의 콜로이드 용액(colloidal solution)을 떨어트린 후 증발시키고, 완전히 증발될 때까지의 시간에 따른 접촉 면적 및 접촉각을 반복하여 측정하였으며, 이에 대한 결과를 도 6 내지 도 8로 나타내었다.

[0159] 도 6에 나타난 바와 같이, 상기 비교예 2의 폴리머 구조체에서는 상기 용액이 완전히 증발할 때까지 1.2 내지 0.4 ㎜의 접촉 면적 및 100 내지 25 ° 의 접촉각을 나타내었으며, 상기 용액은 미끄러짐 없이 증발되는 것으로 나타났다.

[0160] 또한, 도 7에 나타난 바와 같이, 상기 실시예 1의 다공성 폴리머 구조체에서는 상기 용액이 완전히 증발할 때까지 1.2 내지 1.6 ㎜의 접촉 면적 및 45 내지 10 ° 으로 상기 비교예 2와 비요하여 높은 접촉 면적 및 낮은 접촉각을 나타내었으며, 상기 용액은 미끄러짐 없이 증발되는 것으로 나타났다.

[0161] 또한, 도 8에 나타난 바와 같이, 상기 실시예 2의 미끄러운 표면을 갖는 폴리머 구조체는 에서는 상기 용액이 완전히 증발할 때까지 1.2 내지 0.4 ㎜의 접촉 면적 및 110 내지 30 ° 의 접촉각을 나타내었으며, 상기 미끄러운 표면에서 상기 용액이 증발하며 미끄러져 응집되는 현상이 극적으로 나타났다.

[0162] 상기와 같은 결과를 통해, 본 발명에 따른 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체는 광 조사를 통해 표면층에 폴리머 브러쉬(polymer brush)가 형성되어 종래의 평면 폴리머 구조체 및 다공성 폴리머 구조체에서는 나타나지 않는 미끄럼성 및 이를 통해 액적의 응집 현상을 나타내는 것을 확인하였다.

[0164] **<실험예 6> 투과도 분석**

[0165] 상기 비교예 2 및 상기 실시예 1 내지 2에서 제조된 폴리머 구조체의 파장에 따른 투과도를 분석하고 이에 대한 결과를 도 10으로 나타내었다.

[0166] 도 10 (a)에 나타난 바와 같이, 상기 실시예 2의 미끄러운 표면을 갖는 폴리머 구조체가 상기 비교예 2 및 상기 실시예 1의 폴리머 구조체에 비해 넓은 파장 범위에서 높은 투과도를 나타내었다.

[0167] 또한, 도 10 (b)에 나타난 바와 같이, 상기 실시예 2의 미끄러운 표면을 갖는 폴리머 구조체는 야외 환경에서 육안으로 확인하였을 때 높은 투명성을 나타내었다.

[0168] 상기와 같은 결과를 통해, 본 발명에 따른 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체는 높은 넓은 파장 범위에서 높은 투과도를 나타내며, 이에 따라 높은 투명성을 나타내어 디스플레이 표면 등으로 활용이 가능

함을 확인하였다.

[0170] **<실험예 7> 방빙 실험 진행 후 표면의 SEM 분석**

[0171] 상기 비교예 2 및 상기 실시예 1 내지 2에서 제조된 폴리머 구조체를 이용하여 도 11에 나타난 바와 같이 방빙 실험을 진행한 후 상기 구조체를 SEM으로 분석하고 이에 대한 결과를 도 12로 나타내었다.

[0172] 도 12에 나타난 바와 같이, 상기 실시예 2의 미끄러운 표면을 갖는 폴리머 구조체의 표면에서 상기 비교예 2 및 상기 실시예 1의 폴리머 구조체 표면에서는 나타나지 않은 표면에 형성된 얼음이 미끄러진 흔적이 나타났다.

[0173] 상기와 같은 결과를 통해, 본 발명에 따른 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체는 얼음과 같은 고체에 대해서도 높은 미끄럼성을 나타내며 이에 따라 방빙 소재 등으로 활용이 가능함을 확인하였다.

[0175] **<실험예 8> 방빙 실험 진행 후의 접착력 및 면적 당 힘 측정**

[0176] 상기 비교예 2 및 상기 실시예 1 내지 2에서 제조된 폴리머 구조체를 이용하여 도 11에 나타난 바와 같이 방빙 실험을 진행한 후 상기 구조체의 시간에 따른 접착력 및 면적 당 힘을 측정하고, 이에 대한 결과를 도 13으로 나타내었다.

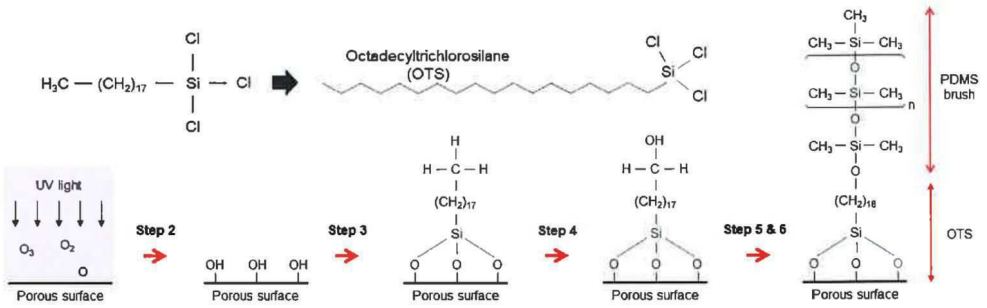
[0177] 도 13 (a)에 나타난 바와 같이, 상기 실시예 2의 미끄러운 표면을 갖는 폴리머 구조체는 얼음에 대한 미끄럼성으로 인해 상기 비교예 2 및 실시예 1의 폴리머 구조체와 비교하여 매우 낮은 접착력을 나타내었다.

[0178] 또한, 도 13 (b)에 나타난 바와 같이, 상기 실시예 2의 미끄러운 표면을 갖는 폴리머 구조체의 면적 당 힘은 4.99 ± 2.82 kPa로 나타났으며, 이는 상기 비교예 2 및 실시예 1의 폴리머 구조체의 면적 당 힘과 비교하여 매우 낮은 것으로 나타났다.

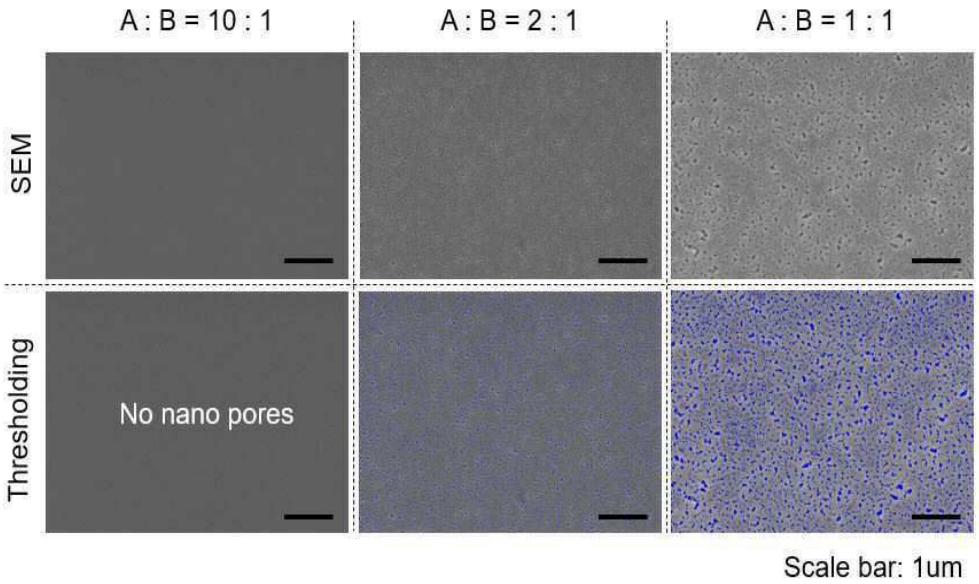
[0179] 상기와 같은 결과를 통해, 본 발명에 따른 미끄러운 표면을 갖는 친수성 광 경화 폴리머 구조체는 얼음과 같은 고체에 대해서도 높은 미끄럼성을 나타내며, 낮은 면적 당 힘으로 가공이 용이한 것을 확인하였다. 이에 따라 다양한 분야의 방빙 소재 등으로 활용이 가능함을 확인하였다.

## 도면

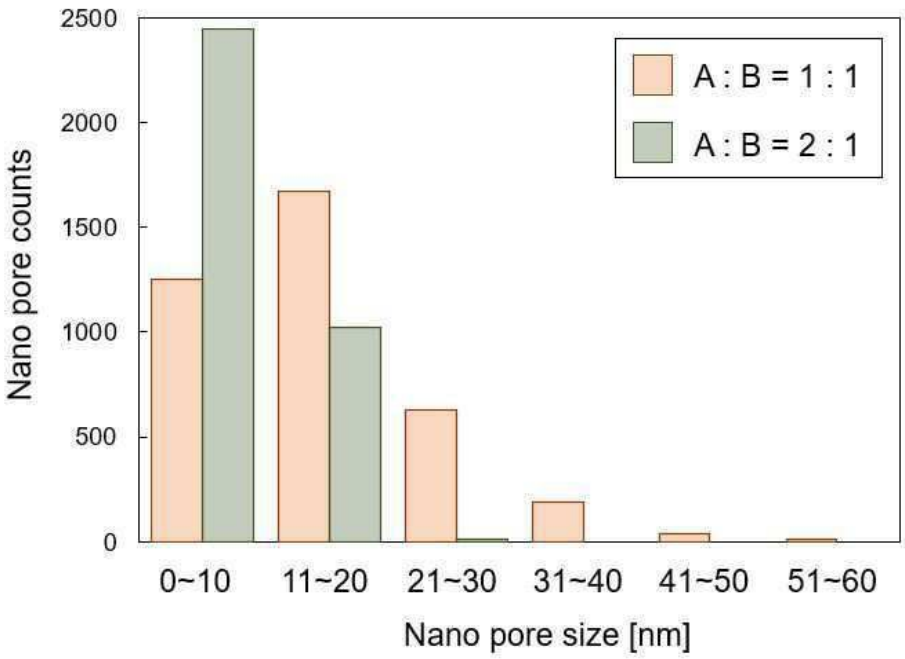
### 도면1



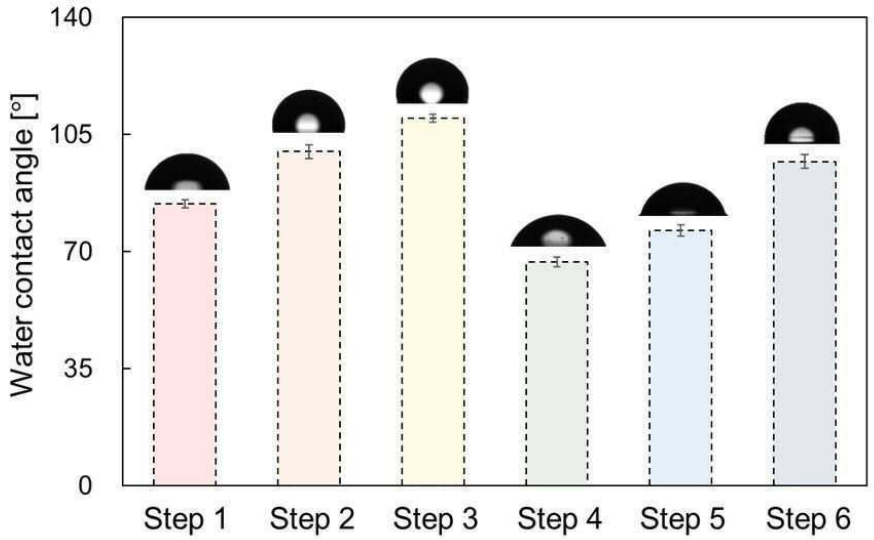
도면2


A : B = 10 : 1
A : B = 2 : 1
A : B = 1 : 1
SEM
Thresholding
No nano pores
Scale bar: 1um

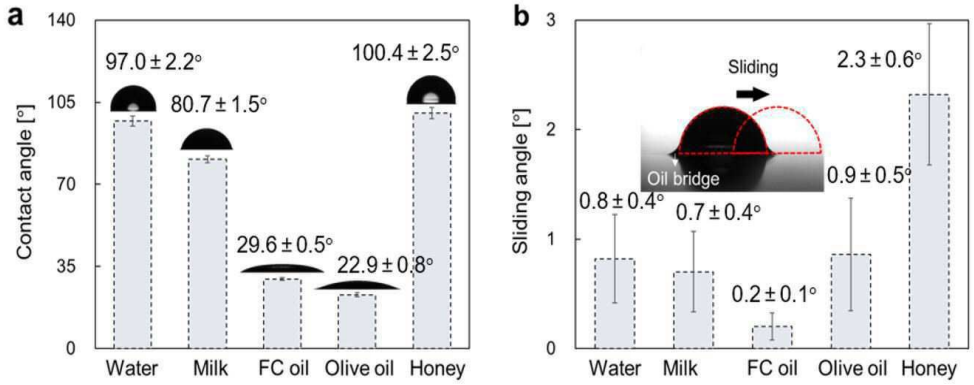
도면3


2500
2000
1500
1000
500
0
Nano pore counts
A : B = 1 : 1
A : B = 2 : 1
0~10
11~20
21~30
31~40
41~50
51~60
Nano pore size [nm]

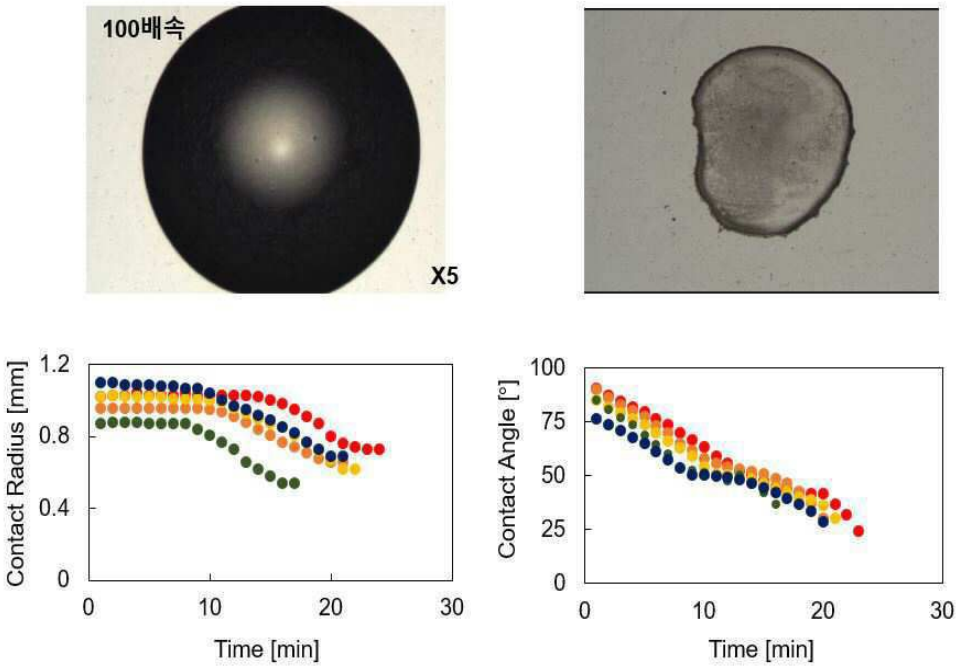
도면4


140
105
70
35
0
Water contact angle [°]
Step 1
Step 2
Step 3
Step 4
Step 5
Step 6

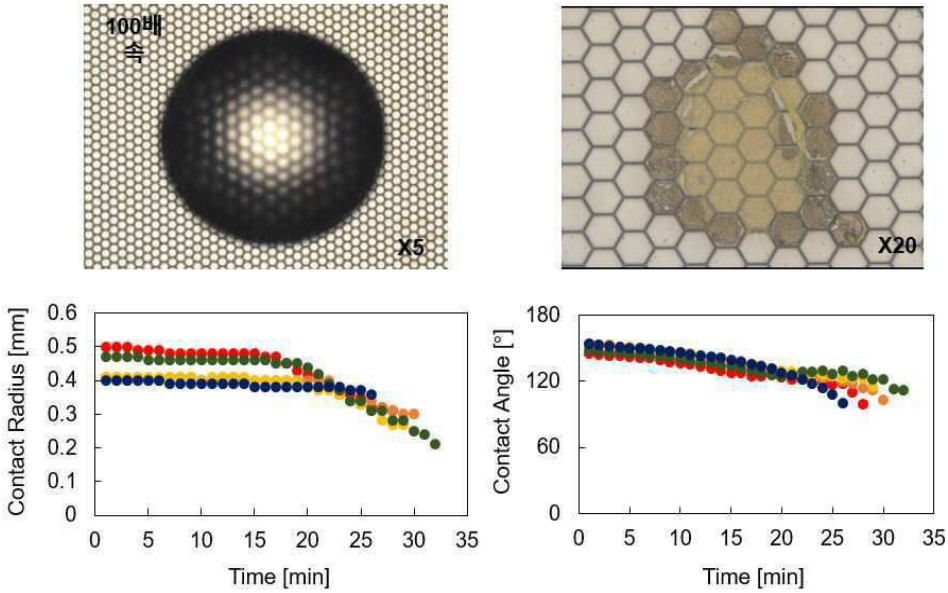
도면5


a
Contact angle [°]
97.0 ± 2.2°
80.7 ± 1.5°
29.6 ± 0.5°
22.9 ± 0.8°
100.4 ± 2.5°
Water
Milk
FC oil
Olive oil
Honey
b
Sliding angle [°]
Sliding
Oil bridge
0.8 ± 0.4°
0.7 ± 0.4°
0.2 ± 0.1°
0.9 ± 0.5°
2.3 ± 0.6°
Water
Milk
FC oil
Olive oil
Honey

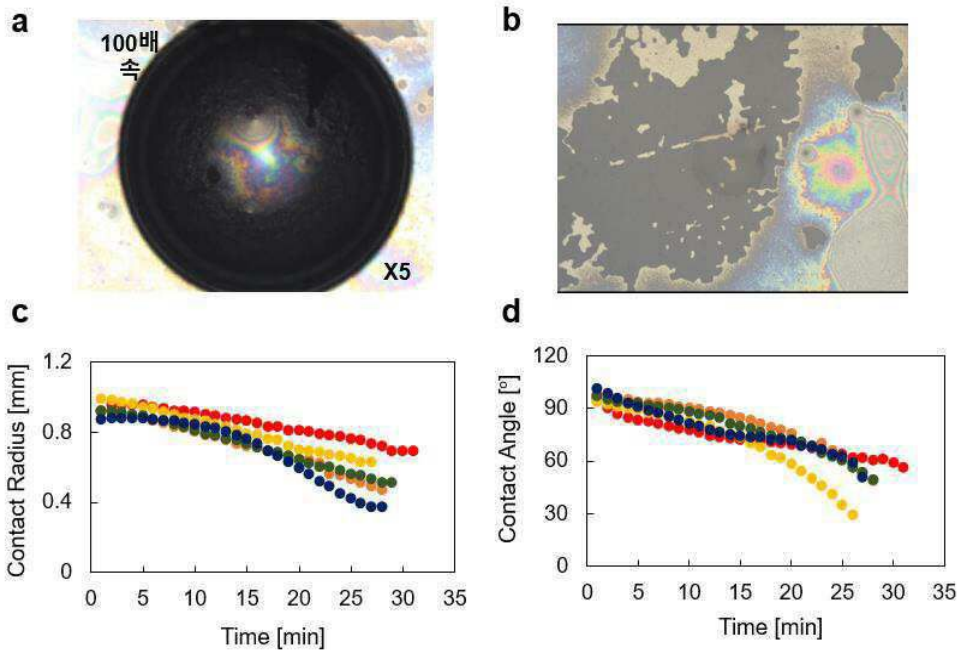
도면6


100배속
X5
Contact Radius [mm]
1.2
0.8
0.4
0
0
10
20
30
Time [min]
Contact Angle [°]
100
75
50
25
0
0
10
20
30
Time [min]

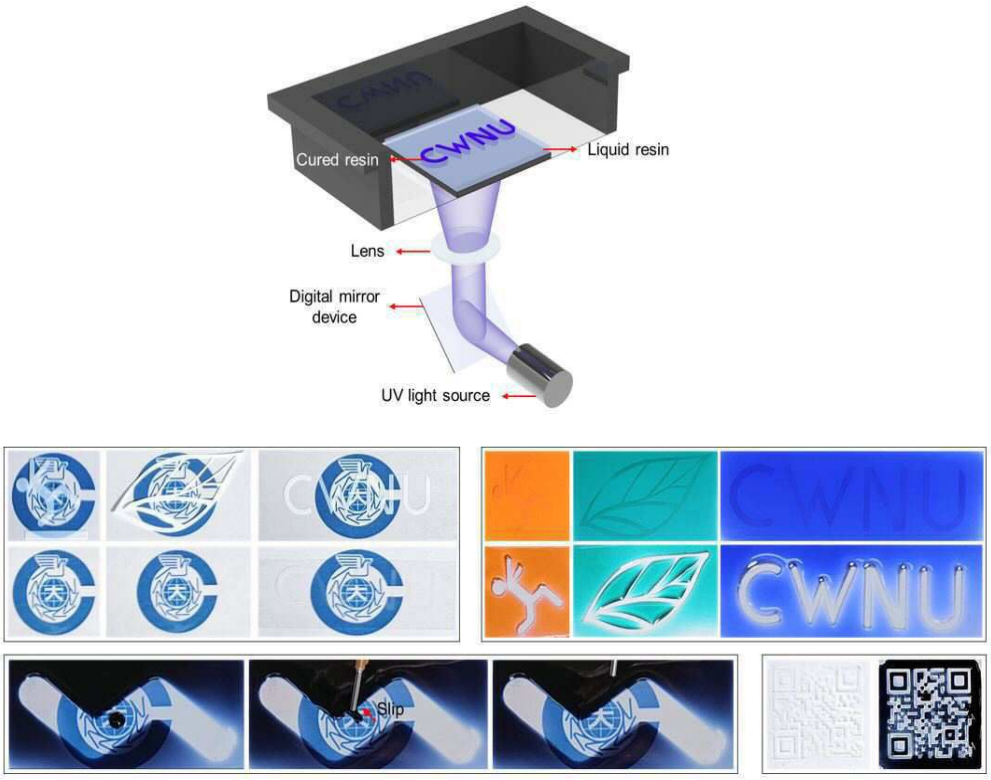
도면7


100배
속
X5
X20
Contact Radius [mm]
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
5
10
15
20
25
30
35
Time [min]
Contact Angle [°]
180
120
60
0
0
5
10
15
20
25
30
35
Time [min]

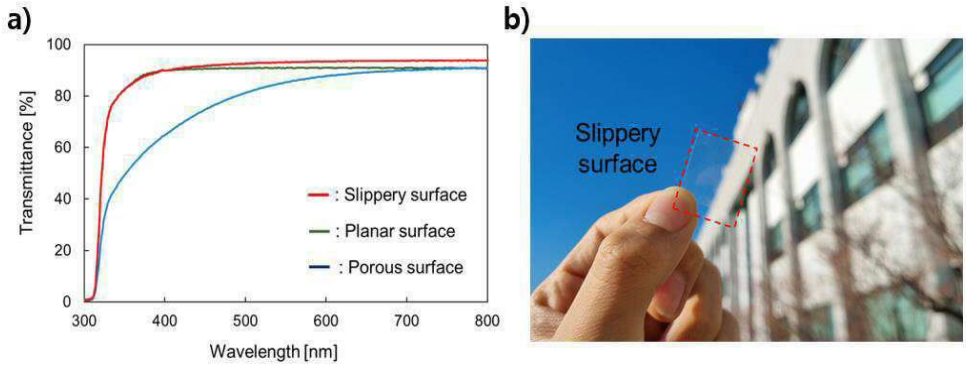
도면8


a
100배
속
X5
b
c
Contact Radius [mm]
1.2
0.8
0.4
0
0 5 10 15 20 25 30 35
Time [min]
d
Contact Angle [°]
120
90
60
30
0
0 5 10 15 20 25 30 35
Time [min]

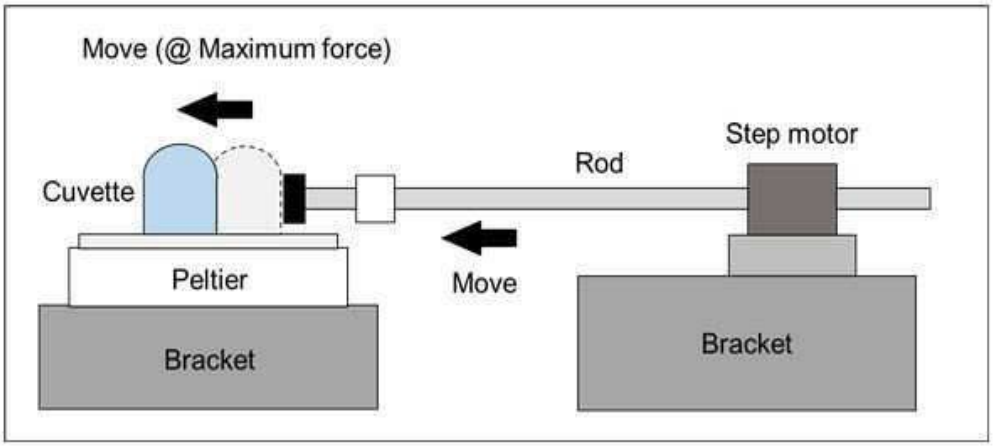
도면9


Cured resin
CWNU
Liquid resin
Lens
Digital mirror device
UV light source
CWNU
CWNU
Slip

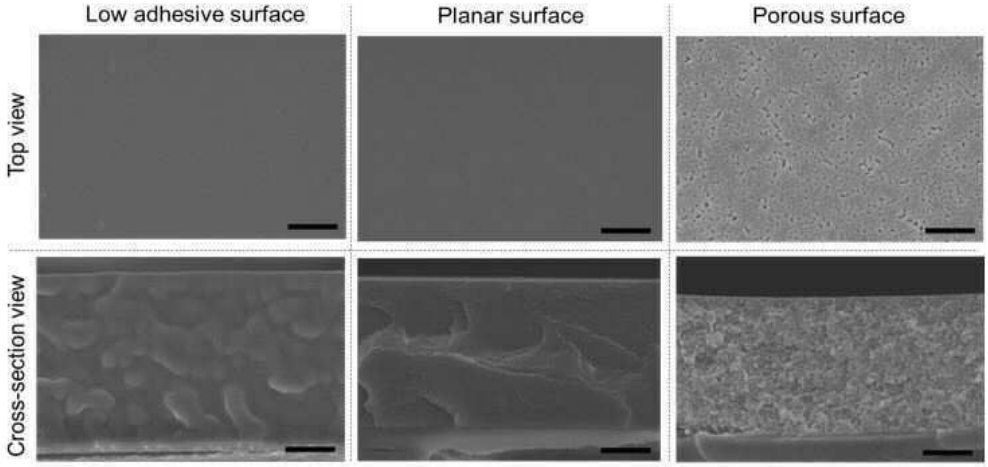
도면10



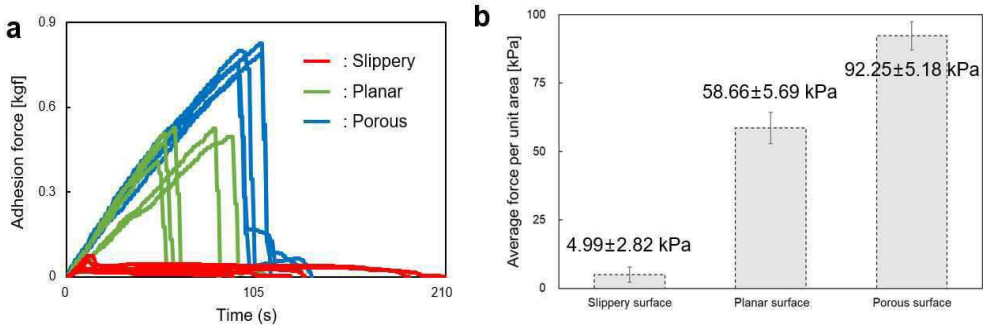

도면11




도면12



도면13


a
0.9
0.6
0.3
0
Adhesion force [kgf]
0
105
210
Time (s)
: Slippery
: Planar
: Porous
b
100
75
50
25
0
Average force per unit area [kPa]
4.99±2.82 kPa
58.66±5.69 kPa
92.25±5.18 kPa
Slippery surface
Planar surface
Porous surface