

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2023년 8월 3일 (03.08.2023)



(10) 국제공개번호
WO 2023/146042 A1

- (51) 국제특허분류: **G03F 7/00** (2006.01) **G03F 7/16** (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2022/011081
- (22) 국제출원일: 2022년 7월 27일 (27.07.2022)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2022-0013439 2022년 1월 28일 (28.01.2022) KR
- (71) 출원인: 창원대학교 산학협력단 (**CHANGWON NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY ACADEMY COOPERATION CORPS**) [KR/KR]; 51140 경상남도 창원시 의창구 창원대로 20, Gyeongsangnam-do (KR).
- (72) 발명자: 조영태 (**CHO, Young Tae**); 51427 경상남도 창원시 성산구 원이대로 449, 104동 1003호, Gyeongsangnam-do (KR). 김석 (**KIM, Seok**); 51140 경상남도 창원시 의창구 창원대학교 20, Gyeongsangnam-do (KR). 최수현 (**CHOI, Su Hyun**); 51639 경상남도 창원시 진해구 진해대로 921번길 10, 214동 102호, Gyeongsangnam-do

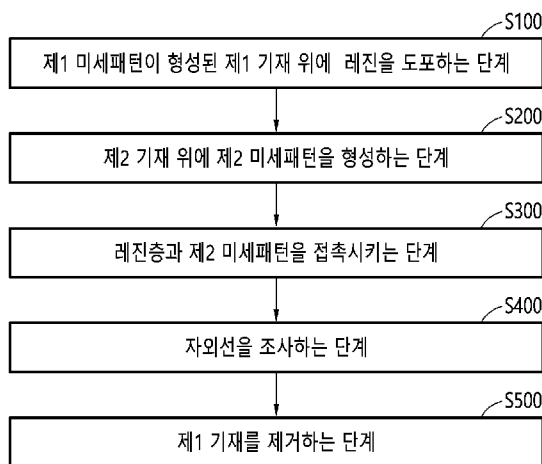
(KR). 김우영 (**KIM, Woo Young**); 51371 경상남도 창원시 의창구 평산로 171번길 6-6, 401호, Gyeongsangnam-do (KR). 오승민 (**OH, Seung Min**); 51238 경상남도 창원시 마산회원구 내서읍 삼계2길 31, 102동 1101호, Gyeongsangnam-do (KR).

(74) 대리인: 김연권 (**KIM, Youn Gwon**); 05836 서울특별시 송파구 법원로 127 문정대명밸리온 15층 1501호 및 1502호, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: METHOD FOR FABRICATING SURFACE HAVING NANO-MICRO HIERARCHICAL STRUCTURE BY USING CAPILLARY FORCE

(54) 발명의 명칭: 모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면의 제작 방법



- S100 ... Step of applying resin on first substrate on which first micropattern is formed
- S200 ... Step of forming second micropattern on second substrate
- S300 ... Step of bringing resin layer and second micropattern into contact with each other
- S400 ... Step of irradiating ultraviolet rays
- S500 ... Step of removing first substrate

(57) Abstract: The present invention relates to a method for fabricating a reentrant structure and a surface having fine irregularities on the top thereof by a simple process using capillary force, the method comprising the steps of: forming a resin layer by applying an ultraviolet curable resin on a first substrate on which a first micropattern is formed; forming a second micropattern in a columnar shape on a second substrate; bringing the resin layer and the micropattern into contact with each other by moving the first substrate or the second substrate such that the resin layer and the second micropattern face each other; curing the resin by irradiating ultraviolet rays in a state where the resin located around pillars of the second micropattern is moved by capillary force by a predetermined distance along the pillars in the longitudinal direction of the second micropattern; and removing the first substrate after the ultraviolet irradiation is completed, wherein the first micropattern is smaller in size than the second micropattern, and the first micropattern is formed in intaglio.

(57) 요약서: 본 발명은 모세관력을 이용한 간단한 공정으로 재진입 구조 및 그 상단에 미세 요철을 갖는 표면을 제조할 수 있는 방법에 관한 것으로, 제1 미세패턴이 형성된 제1 기재 위에 자외선 경화 레진을 도포하여 레진층을 형성하는 단계; 제2 기재 위에 기둥 형상의 제2 미세패턴을 형성하는 단계; 상기 레진층과 상기 제2 미세패턴이 마주보도록 상기 제1 기재 또는 제2 기재를 이동시켜 상기 레진층과 상기 미세패턴을 서로 접촉시키는 단계; 및 상기 제2 미세패턴의 기둥 주변에 위치한 레진이 모세관력에 의해 상기 제2 미세패턴의 기둥 길이방향으로 기둥을 따라 일정 거리 이동한 상태에서 자외선을 조사하여 상기 레진을 경화시키는 단계; 및 상기 자외선 조사가 완료된 후 상기 제1 기재를 제거하는 단계;를 포함하고, 상기 제1 미세패턴은 제2 미세패턴 보다 크기가 작으며, 상기 제1 미세패턴은 음각으로 형성되는 것을 특징으로 한다.

[다음 쪽 계속]

WO 2023/146042 A1



(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면의 제작 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면의 제작 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 모세관력을 이용한 간단한 공정으로 재진입 구조 및 그 상단에 미세 요철을 갖는 표면을 제조할 수 있는 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 임프린트 공정이란, 패턴이 형성된 금형(일반적으로 몰드, 스탬프라고 불림)을 압입함으로써, 재료에 미세패턴을 전사하는 기술이다. 임프린트 공정을 이용함으로써 간단하고 정밀한 미세패턴의 제작이 가능한 점에서, 최근 다양한 분야에서의 응용이 기대되고 있다.
- [3] 임프린트 공정은 그 전사 방법으로 열임프린트 공정, 광임프린트 공정이라고 불리는 방법이 제안되고 있다. 열임프린트 공정에서는, 유리 전이 온도 이상으로 가열한 열가소성 수지에 몰드를 프레스하고, 냉각 후에 몰드를 이형함으로써 미세패턴을 형성한다. 이 방법은 다양한 재료를 선택할 수 있지만, 프레스 시에 고압을 필요로 하는 것, 열수축 등에 의하여 미세한 패턴 형성이 곤란하다는 문제점도 갖는다.
- [4] 광임프린트 공정에서는, 기판 상에 임프린트용 경화성 조성물(레진)을 도포 후, 석영 등의 광투과성 소재로 제작된 몰드를 압입한다. 몰드를 압입한 상태에서 자외선 등을 조사하여 임프린트용 경화성 조성물을 경화하고, 그 후 몰드를 이형함으로써 목적의 패턴이 전사된 경화물이 제작된다. 광임프린트 공정은 초미세패턴 구현 시 빠른 경화 시간으로 인해 열임프린트 공정에 비해 유리한 장점이 있다.
- [5] 한편, 발수, 발유, 방오, 방빙 등의 특수한 기능이 구현된 표면을 제작하는 연구가 자연묘사를 토대로 활발히 진행되고 있다. 대표적으로 표면에 나노 또는 마이크로 크기의 구조물을 생성하여 구조적 특성에 의해 발수, 발유 등의 기능성 필름이 제작되고 있다. 일 예로, 발수(소수성) 및 발유(소유성) 기능을 동시에 구현된 표면 구조로, 재진입(reentrant)구조 또는 이중재진입(doubly reentrant)구조가 있다.
- [6] 이와 관련한 종래기술로서, 한국등록특허 제10-2052100호(초발액성 표면 및 이의 제조방법)은 포토리소그래피 공정에 의해 형성된 평평한 T자형 버섯 구조 패턴된 신축성 폴리머 상에 금속 증착 방식에 의하여 아래로 흰 버섯 각 구조의 금속을 증착함으로써 초발액성 표면을 제조하는 방법을 개시한다.
- [7] 다만, 상기 종래기술은 증착 등의 화학적 표면처리 공정이 사용되므로 인체나

환경에 좋지 못한 화학물질이 사용될 수 있으며, 제조 공정이 복잡하여 비용이 상승하는 문제가 발생한다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 상술한 문제를 해결하기 위한 본 발명의 과제는, 모세관력을 이용한 간단한 공정으로 기둥 형상의 미세패턴을 재진입 구조 및 그 상단면에 요철구조가 형성되도록 변형시킴으로써 제조 비용과 제조 시간을 단축할 수 있는 기술을 제시함에 있다.

과제 해결 수단

- [9] 본 발명은 상술한 과제를 해결하기 위한 것으로, 제1 미세패턴이 형성된 제1 기재 위에 자외선 경화 레진을 도포하여 레진층을 형성하는 단계; 제2 기재 위에 기둥 형상의 제2 미세패턴을 형성하는 단계; 상기 레진층과 상기 제2 미세패턴이 마주보도록 상기 제1 기재 또는 제2 기재를 이동시켜 상기 레진층과 상기 미세패턴을 서로 접촉시키는 단계; 및 상기 제2 미세패턴의 기둥 주변에 위치한 레진이 모세관력에 의해 상기 제2 미세패턴의 기둥 길이방향으로 기둥을 따라 일정 거리 이동한 상태에서 자외선을 조사하여 상기 레진을 경화시키는 단계; 및 상기 자외선 조사가 완료된 후 상기 제1 기재를 제거하는 단계;를 포함하고, 상기 제1 미세패턴은 제2 미세패턴 보다 크기가 작으며, 상기 제1 미세패턴은 음각으로 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [10] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 레진은 상기 제1 기재 위에 롤러에 의해 균일한 두께로 도포되는 것을 특징으로 한다.
- [11] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 자외선은 투명한 제1 기재를 통해 레진에 조사되는 것을 특징으로 한다.
- [12] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 레진이 이동한 거리는 상기 레진층과 상기 제2 미세패턴의 접촉 시간에 영향받는 것을 특징으로 한다.
- [13] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제2 미세패턴의 기둥에 가까운 레진일수록 상기 제2 미세패턴의 기둥 길이방향으로 더 크게 이동하는 것을 특징으로 한다.
- [14] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 레진이 자외선에 의해 경화된 후 상기 레진층과 접촉된 상기 제2 미세패턴의 기둥 단면은 기둥의 다른 단면보다 넓은 면적을 갖는 재진입 구조로 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [15] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제2 미세패턴의 기둥 상단면에는 상기 제1 미세패턴에 의해 미세 요철 구조가 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [16] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 미세 요철 구조는 나노미터 단위의 크기를 갖고, 상기 제2 미세패턴은 마이크로미터 단위의 크기를 갖는 것을 특징으로 한다.
- [17] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제1 기재가 제거된 후 상기 재진입

구조가 형성된 제2 미세패턴 기둥 사이에는 상기 레진이 이어지지 않는 구간이 형성되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [18] 본 발명에 따르면 식각 등 복잡한 과정을 거치지 않고도 저비용으로 간단한 공정을 통해 소수성 및 소유성이 우수한 미세 요철구조가 형성된 재진입구조를 갖는 미세패턴 표면이 제조될 수 있다.
- [19] 또한, 본 발명에 따르면 인간과 환경에 유해한 화학물질을 사용하지 않고도 단시간에 재진입구조를 갖는 미세패턴 표면이 제조될 수 있다.
- [20] 또한, 본 발명에 따르면 제1 기재위에 도포된 레진의 양, 모세관력에 계산되는 물성치 등을 고려하여 재진입구조의 이동 거리(H') 및 폭(W')을 설정할 수 있다.
- [21] 또한, 본 발명에 따르면 레진층과 미세패턴간 접촉 시간을 설정하여 재진입구조의 형상을 조절할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [22] 도 1은 미세패턴의 다양한 구조 및 패턴 상부에 접촉된 유체의 유동 특성을 나타낸 도면이다.
- [23] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면의 제작 순서를 나타낸 도면이다.
- [24] 도 3a 내지 도 3e는 본 발명의 일 실시예에 따른 모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면 제작 공정을 순서대로 나타낸 도면이다.
- [25] 도 4는 미세패턴과 레진층의 접촉 시간에 따른 미세패턴 구조의 변형 모습을 나타낸 도면이다.
- [26] 도 5a 내지 도 5f는 본 발명의 일 실시예에 따라 제작된 모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면을 관찰한 도면이다.
- [27] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 제작된 모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면에 각각 물과 오일을 접촉시켜 접촉각을 측정한 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [28] 이하 첨부된 도면을 참조하여, 바람직한 실시예에 따른 모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면의 제작 방법에 대해 상세히 설명하면 다음과 같다. 여기서, 동일한 구성에 대해서는 동일부호를 사용하며, 반복되는 설명, 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 발명의 실시형태는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.
- [29] 도 1은 미세패턴의 다양한 구조 및 패턴 상부에 접촉된 유체의 유동 특성을 나타낸 도면이다.
- [30] 본 발명은 기둥 형상을 갖는 나노 또는 마이크로 크기의 미세패턴을 대략 버섯 모양의 재진입(reentrant) 또는 요각 구조를 갖도록 하고 동시에 그 상단면에 미세

요철 구조를 제조하는 방법을 제시한다. 재진입 구조는 미세패턴 기둥의 상부 폭이 하부 폭보다 큰 구조이다.

[31] 한편, 재진입 구조를 가진 미세패턴 필름은 소수성(hydrophobicity) 및/또는 소유성(oleophobicity)을 갖는다.

[32] 도 1의 (a)에 도시된 미세패턴은 기둥(pillar) 형상을 가지고 있고, 도 1의 (b)에 도시된 미세패턴은 재진입(reentrant) 구조를 가지고 있으며, 도 1의 (c)에 도시된 미세패턴은 이중재진입(doubly reentrant) 구조를 가지고 있다.

[33] 도 1의 (a) 내지 (c)에 도시된 미세패턴 표면에 액체를 접촉시켰을 때 액체의 유동을 살펴본다. 도 1의 (a) 내지 (c)에는 미세패턴 표면에 닿은 액체의 유동 방향이 도시되어 있다.

[34] 도 1의 (a)를 참조하면, 기둥 형상의 미세패턴의 표면에 액체가 접촉되면 액체의 부착력에 의해 액체가 기둥을 따라 이동할 수 있다. 도 1의 (b) 또는 (c)를 참조하면, 재진입 또는 이중재진입 구조를 가진 미세패턴 표면에 닿은 액체는 기둥을 따라 이동하지 못한다. 특히, 재진입 구조보다는 이중재진입 구조를 가진 미세패턴 표면에서 기둥 방향으로 액체의 진입이 더 어렵다.

[35] 즉, 도 1의 (a) 내지 (c)에서 살펴본 바와 같이, 재진입 구조 또는 이중재진입 구조를 갖는 미세패턴은 액체가 닿으면 소수성 또는 소유성이 우수한 것을 알 수 있다.

[36] 이와 동시에, 본 발명은 재진입 구조의 상단면에 미세 요철구조를 형성하는 방법을 제시한다. 재진입 구조의 상단면에 미세 요철구조가 형성되면 미세 요철구조가 없는 경우보다 소수성과 소유성이 더 우수하게 된다. 이러한 구조의 효과와 관련하여, 'Zheqin Dong, et al. "Superoleophobic slippery Lubricant Infused surfaces: Combining two extremes in the same surface." Advanced Materials 30.45 (2018): 1803890'의 논문이 참조될 수 있다.

[37] 한편, 종래에는 미세패턴의 재진입 구조를 형성하기 위해 식각, 증착 및 코팅 등의 복잡한 공정이 필요하였다. 다만, 이러한 공정에 따르면 제조비용이 상승되고 화학적 처리 공정으로 인체에 해로운 영향을 미치는 문제가 있다. 본 발명은 간단한 공정으로 제조비용을 절약하면서 단시간 내에 상단면에 미세 요철이 형성된 재진입 구조를 가진 미세패턴을 형성하는 방법을 제공한다.

[38] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면의 제작 순서를 나타낸 도면이며, 도 3a 내지 도 3e는 본 발명의 일 실시예에 따른 모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면 제작 공정을 순서대로 나타낸 도면이다.

[39] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 모세관력을 이용한 표면의 제작 방법은, 제1 미세패턴이 형성된 제1 기재 위에 레진을 도포하는 단계(S100), 제2 기재 위에 제2 미세패턴을 형성하는 단계(S200), 레진층과 제2 미세패턴을 접촉시키는 단계(S300), 자외선을 조사하는 단계(S400) 및 제1 기재를 제거하는 단계(S500)를 포함한다.

- [40] 우선, 제1 미세패턴이 형성된 제1 기재(substrate) 위에 레진을 도포하는 단계(S100)를 살펴본다. 도 3a의 위에 도시된 도면을 참조하면, 제1 기재(10)는 자외선이 투과될 수 있는 투명한 재질로 구성된다. 제1 기재(10) 위에는 별도로 제작된 제1 미세패턴(12)이 형성되어 있다. 도 3a에 도시된 바와 같이, 제1 미세패턴(12)은 음각으로 형성된다.
- [41] 제1 미세패턴(12) 위에는 레진(14)이 도포된다. 레진(14)은 광에너지에 의해 물리적, 화학적 변화를 가져오는 광경화성 고분자 수지이다. 제1 기재(10) 위에 도포된 레진(14)은 흐를 수 있는 상태(유동이 가능한 상태)이다. 따라서, 레진(14)은 제1 미세패턴(12)의 홈 사이로 흘러 들어갈 수 있다.
- [42] 레진(14)은 롤러에 의해 균일한 두께를 가지도록 도포된다. 따라서, 제1 미세패턴(12) 위에는 레진층이 형성된다. 한편, 레진(14)이 제1 미세패턴(12) 위에 균일한 두께를 가지고 도포될 수 있다면, 투출장치에 의해 투출되거나 스핀코팅 등 다양한 방법이 사용될 수 있다.
- [43] 다음으로, 제2 기재(substrate) 위에 제2 미세패턴을 형성하는 단계(S200)를 살펴본다. 도 3a의 아래에 도시된 도면을 참조하면, 제2 기재(20) 위에는 별도로 제작된 제2 미세패턴(22)이 형성되어 있다.
- [44] 본 발명의 일 실시예에서 사용된 제2 기재(20)는 PET(Polyethylene terephthalate) 필름이나, 이에 한정되지 않는다.
- [45] 한편, 제1 미세패턴(12)은 제2 미세패턴(22) 보다 작은 크기를 갖는다. 구체적으로는 제1 미세패턴(12)의 기둥(pillar) 크기는 제2 미세패턴(22)의 기둥 크기 보다 작다. 본 발명의 일 실시예에서 제1 미세패턴(12)은 나노 사이즈의 크기를 가지며, 제2 미세패턴(22)은 마이크로 사이즈의 크기를 갖는다. 제1 및 제2 미세패턴(12, 22)을 형성하는 방법으로는 다양한 리소그래피 기술이 사용될 수 있다.
- [46] 본 발명의 일 실시예에서는 나노 임프린트 리소그래피 기술로 제1 및 제2 미세패턴이 형성되었다. 나노 임프린트는 나노 수준의 패턴을 도장처럼 찍어낼 수 있는 기술로 패턴을 만들려고 하는 제1 기재(10) 및 제2 기재(20) 위에 임프린트용 레진을 도포한 후 원하는 패턴으로 설계된 스탬프로 눌러 각인시키고 건식 또는 습식 식각에 의해 소정의 층을 패터닝하게 된다.
- [47] 나노 임프린트 기술에 의해 형성된 제1 및 제2 미세패턴(12, 22)은 도 3a에 도시된 도면처럼 그 수직 단면이 기둥(pillar) 형상을 갖는다. 이때, 기둥의 폭(또는 수평 단면)은 높이에 따라 대략 일정하다.
- [48] 제작된 제1 또는 제2 미세패턴(12, 22)은 위에서 봤을 때 다각 또는 원 기둥(pillar) 형상의 어레이 패턴 또는 다각 또는 원 벽기둥(wall-pillar) 형상의 어레이 패턴일 수 있으며, 제1 및 제2 미세패턴(12, 22)의 형상은 설계자의 의도에 따라 다양하게 설정될 수 있다.
- [49] 다음으로, 레진층과 제2 미세패턴을 접촉시키는 단계(S300)를 살펴본다. 도 3b에 도시된 바와 같이, 아래에는 제1 기재(10)가 위치하고 위에는 제2

기재(20)가 위치한다. 이때, 레진층(14)과 제2 미세패턴(22)이 마주보도록 한 후에 레진층(14)과 제2 미세패턴(22)이 접촉될 때까지 제1 기재(10)를 아래 방향으로 이동시킨다.

- [50] 레진층(14)과 제2 미세패턴(22)이 접촉되면 제2 미세패턴(22)의 기둥 주변에 위치한 레진(14)은 기둥에 닿으면서 젖게 되는(wetting) 현상이 발생된다. 따라서, 도 3c에 도시된 바와 같이, 레진(14)은 모세관력(pillar force)에 의해 기둥의 길이방향으로 기둥을 따라 이동한다. 이때 모세관력에 따라 기둥을 따라 올라간 액체(본 발명에서는 레진)의 높이는 아래 <수학식 1>과 같이 구해질 수 있다.

[51]

[52] <수학식 1>

[53]

$$H = \frac{2\gamma \cos\theta}{\rho GL}$$

- [54] 여기서, H는 기둥의 길이방향으로 이동한 최대높이, γ 는 레진/공기 계면사이의 표면장력, θ 는 레진과 기둥사이의 접촉각, ρ 는 레진의 밀도, G는 중력상수이며, L은 기둥과 기둥 사이의 거리이다.

- [55] 도 3c에 도시된 바와 같이, 제2 미세패턴(22)의 양 기둥 사이에 위치한 레진(14)이 모세관력에 의해 이동하면 레진(14)의 경계면을 따라 오목한 모양의 매니스커스 현상이 나타난다. 즉, 기둥에 가깝게 위치한 레진(14)은 기둥의 길이방향으로 크게 이동하여 레진(14)의 두께가 두꺼워지고, 양 기둥 사이에 위치한 레진(14)은 기둥 쪽으로 이동하면서 그 두께가 얇아진다. 하나의 기둥을 기준으로 보면 그 양쪽에 위치한 레진(14)은 대략 버섯 모양을 형성하면서 기둥을 따라 이동하고, 제2 미세패턴(22)은 재진입 구조를 형성하게 된다.

- [56] 재진입 구조는 레진층(14)과 제2 미세패턴(22) 간 접촉된 상부 기둥 단면(수평 단면)이 기둥의 하부 단면(수평 단면)보다 넓은 면적을 가지거나, 상부 폭이 하부 폭보다 넓은 구조이다.

- [57] 재진입 구조를 갖는 미세패턴(22)이 형성되기 위해서는 레진(14)이 기둥을 따라 이동한 거리가 중요하다. 예를 들어, 레진(14)이 너무 많이 이동하면 기둥의 형상이 전체적으로 쌍곡선 형태를 가질 수 있다. 따라서, 본 명세서에서는 재진입 구조를 형성하기 위한 레진(14)의 이동거리를 H'이라 한다(도 3e 참조).

- [58] 상술한 바와 같이, 레진(14)이 이동한 거리는 상기 <수학식 1>에 따라 계산되는데, H값이 H'보다 크게 도출되면 레진의 이동거리는 레진층(14)과 제2 미세패턴(22) 간 접촉 시간에 영향을 받게 된다. 즉, 접촉 시간이 길수록 레진(14)은 기둥을 따라 많이 이동하여 재진입 구조가 형성될 수 없다. 따라서, 적절한 접촉 시간이 필요하다.

- [59] 도 4는 미세패턴과 레진층의 접촉 시간에 따른 미세패턴 구조의 변형 모습을 나타낸 도면이다.

- [60] 본 발명자는 제1 미세패턴(12)이 없는 상태에서 제1 기재(10) 위에 레진(14)을

균일하게 도포한 후, 도 2에 도시된 방법에 따라 상단면에 미세 요철구조가 없는 재진입 구조를 제작하였다. 이때, 다른 실험 조건은 동일하게 하고, 레진층(14)과 제2 미세패턴(22) 간 접촉 시간을 변경하면서 발명자가 의도한 재진입 구조가 형성되는지 주사전자현미경(SEM)을 통해 관찰하였다. 물론, 레진층(14)과 제2 미세패턴(22) 간 접촉시간에 따른 제2 미세패턴(22) 구조의 변형 모습을 관찰하기 위해, 도 2에 도시된 방법에 따라 상단면에 요철구조가 있는 재진입 구조를 생성하여 실험하는 것도 가능하다.

- [61] 도 4의 (a)는 레진층(14)과 미세패턴(22)간 접촉 시간이 30초인 경우 제작된 미세패턴 구조를 보여주고, 도 4의 (b)는 레진층(14)과 미세패턴(22)간 접촉 시간이 10초인 경우 제작된 미세패턴 구조를 보여주며, 도 4의 (c)는 레진층과 미세패턴간 접촉 시간이 5초인 경우 제작된 미세패턴 구조를 보여준다.
- [62] 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이, 접촉 시간이 30초인 경우 상부 폭의 길이는 $10.7\mu\text{m}$ 로 측정되었고, 기둥의 양측에는 쌍곡선(hyperbola) 구조가 나타났다. 도 4의 (b)에 도시된 바와 같이, 접촉 시간이 10초인 경우 상부 폭의 길이는 $9.44\mu\text{m}$ 로 측정되었고, 기둥의 양측에는 쌍곡선 구조가 나타났다. 도 4의 (c)에 도시된 바와 같이, 접촉 시간이 5초인 경우 상부 폭의 길이는 $7.65\mu\text{m}$ 로 측정되었고 상부 폭이 하부 폭보다 큰 재진입 구조가 나타났다. 즉, 본 실험에 따르면 접촉 시간이 짧을수록 재진입 구조가 나타남을 알 수 있다.
- [63] 다만, 상술한 바와 같이 접촉 시간은 상기 <수학식 1>의 각 물성치 또는 도포된 레진의 양, 재진입 구조를 형성하기 위한 레진의 이동거리(H') 등을 고려하여 설계에 맞게 고려될 수 있다.
- [64] 다음으로, 자외선(UV)을 조사하는 단계(S400)를 살펴본다. 도 3d에 도시된 바와 같이, 레진층(14)과 제2 미세패턴(22)이 접촉한 상태에서 레진(14)이 기둥을 따라 H' 만큼 이동하면 투명한 재질의 제1 기재(10) 위에 자외선을 조사하여 레진(14)을 경화시킨다.
- [65] 한편, 기둥 한쪽에 형성된 재진입 구조 상단폭을 W'이라 한다. W'은 설계자가 의도한 재진입 구조 상단폭이라 할 수 있다. 도 3d에 도시된 바와 같이, 양 기둥의 사이 구간(C)을 살펴보면, 제1 미세패턴(12)의 표면에 위치한 레진(14)은 모세관력에 의해 제2 미세패턴(22)의 양 기둥으로 끌려가 없는 상태이고, 제1 미세패턴(12)의 홈에 들어가 있는 레진(14)은 모세관력에 의해 제2 미세패턴(22)의 양 기둥을 따라 이동하지 못한다. 본 발명의 일 실시예에서는 이러한 상태가 되도록 S100단계에서 레진(14)의 양이 조절될 수 있다. 또한, 본 발명의 다른 실시예에서 상기 양 기둥 사이 구간(C)에 레진층이 형성된다면 재진입 구조의 폭이 W'이 되도록 절삭 등의 방법으로 가공될 수도 있다.
- [66] 다음으로, 제1 기재를 제거하는 단계(S500)를 살펴본다. 상술한 바와 같이, 제1 기재(10)를 제거하면 양 기둥의 사이 구간(C)을 제외하고 재진입 구조의 상단면에는 미세 요철구조가 형성된다. 본 발명의 일 실시예에서 미세 요철 구조는 나노 크기를 갖고, 제2 미세패턴(22)은 마이크로 구조를 가지므로, 제1

기재(10)를 제거하면 나노-마이크로 계층 구조가 형성된다.

- [67] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따르면 S100 내지 S500 단계에서 레진층(14)이 형성된 제1 기재(10)가 아래에 위치하고, 제2 기재(20)가 위에 위치할 수 있다. 이 경우 레진(14)이 기둥을 따라 이동하는 원리는 동일하며, S400 단계에서 자외선은 아래에서 위 방향으로 조사된다.
- [68] 한편, 본 발명의 발명자는 상술한 제조 공정에 따라 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면을 제작하였고, 여기서 제2 미세패턴(22)은 대략 육각 기둥 어레이 패턴이 사용되었다. 주사전자현미경(SEM)을 통해 관찰하였다.
- [69] 도 5a 내지 도 5f는 본 발명의 일 실시예에 따라 제작된 모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면을 관찰한 도면이다.
- [70] 도 5a를 참조하면, 제2 미세패턴(22)의 기둥에는 대략 버섯 모양의 재진입 구조가 형성되었다. 또한, 제2 미세패턴(22)의 기둥 상단면은 서로 이어져 육각 기둥 어레이 패턴이 형성되었으며, 기둥 사이에는 육각홈이 형성되어 있다.
- [71] 도 5b는 도 5a의 X1 부분을 확대한 도면이다. 도 5b에 도시된 바와 같이, 제2 미세패턴(22)의 상단면에는 나노 크기의 기둥을 갖는 요철 구조의 패턴이 형성되었다. 도 5c는 도 5b의 X2 부분을 확대한 도면이다. 도 5c를 참조하면, 요철 구조의 높이는 397nm으로 측정되었고, 폭은 238nm으로 측정되었다. 도 5d는 도 5a에 도시된 표면을 상부에서 바라본 평면도이다. 도 5e는 도 5d의 X3 부분을 확대한 도면이다. 도 5f는 도 5e의 A-A'라인의 단면 두께 및 높이를 나타낸 도면이다. 측정 결과를 살펴보면, 재진입 구조의 두께는 대략 중간 지점에서 $8.319\mu\text{m}$ 로 측정되었고, 높이는 $9.848\mu\text{m}$ 로 측정되었다.
- [72] 도 6의 (a) 및 (b)는 본 발명의 일 실시예에 따라 제작된 모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면에 각각 물과 오일을 접촉시켜 접촉각을 측정한 도면이다.
- [73] 본 발명자는 본 발명에 따라 제작된 미세패턴 표면에 물(Di-water)과 오일(Olive oil)을 접촉시켜 접촉각을 측정하였다.
- [74] 소수성이란 미세패턴 표면과 물방울 사이의 접촉각이 90° (소수성 기준 접촉각)를 초과하는 상태를 의미하고, 초소수성이란 미세패턴 표면과 물방울 사이의 접촉각이 150° (초소수성 기준 접촉각)를 초과하는 상태를 의미한다. 또한, 소유성이란 미세패턴 표면과 오일 사이의 접촉각이 90° (소유성 기준 접촉각)를 초과하는 상태를 의미하고, 초소유성이란 미세패턴 표면과 오일 사이의 접촉각이 150° (초소유성 기준 접촉각)를 초과하는 상태를 의미한다.
- [75] 도 6의 (a)에 도시된 바와 같이, 미세패턴과 물의 접촉각은 $140.5^\circ \pm 1.9^\circ$ 로 측정되어 소수성이 우수한 것으로 확인되었다. 도 6의 (b)에 도시된 바와 같이, 미세패턴과 오일의 접촉각은 $122.1^\circ \pm 1.9^\circ$ 로 측정되어 소유성이 우수한 것으로 확인되었다.
- [76] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 미세패턴 표면에서 재진입 구조 또는 미세 요철 구조의 형상, 크기, 간격 등을 다양하게 변경함으로써, 미세패턴 표면에

접촉된 물 또는 오일의 접촉각을 증가시킬 수 있다.

- [77] 본 발명은 첨부된 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 보호 범위는 첨부된 청구 범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 제1 미세패턴이 형성된 제1 기재 위에 자외선 경화 레진을 도포하여 레진층을 형성하는 단계;
제2 기재 위에 기둥 형상의 제2 미세패턴을 형성하는 단계;
상기 레진층과 상기 제2 미세패턴이 마주보도록 상기 제1 기재 또는 제2 기재를 이동시켜 상기 레진층과 상기 미세패턴을 서로 접촉시키는 단계;
상기 제2 미세패턴의 기둥 주변에 위치한 레진이 모세관력에 의해 상기 제2 미세패턴의 기둥 길이방향으로 기둥을 따라 일정 거리 이동한 상태에서 자외선을 조사하여 상기 레진을 경화시키는 단계; 및
상기 자외선 조사가 완료된 후 상기 제1 기재를 제거하는 단계;를 포함하고,
상기 제1 미세패턴은 제2 미세패턴 보다 크기가 작으며, 상기 제1 미세패턴은 음각으로 형성되는 것을 특징으로 하는,
모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면의 제작 방법.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 레진은 상기 제1 기재 위에 롤러에 의해 균일한 두께로 도포되는 것을 특징으로 하는 모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면의 제작 방법.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서,
상기 자외선은 투명한 제1 기재를 통해 레진에 조사되는 것을 특징으로 하는 모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면의 제작 방법.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서,
상기 레진이 이동한 거리는 상기 레진층과 상기 제2 미세패턴의 접촉 시간에 영향받는 것을 특징으로 하는 모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면의 제작 방법.
- [청구항 5] 제 1 항에 있어서,
상기 제2 미세패턴의 기둥에 가까운 레진일수록 상기 제2 미세패턴의 기둥 길이방향으로 더 크게 이동하는 것을 특징으로 하는 모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면의 제작 방법.
- [청구항 6] 제 1 항에 있어서,
상기 레진이 자외선에 의해 경화된 후 상기 레진층과 접촉된 상기 제2 미세패턴의 기둥 단면은 기둥의 다른 단면보다 넓은 면적을 갖는 재진입 구조로 형성되는 것을 특징으로 하는 모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면의 제작 방법.
- [청구항 7] 제 6 항에 있어서,
상기 제2 미세패턴의 기둥 상단면에는 상기 제1 미세패턴에 의해 미세

요철 구조가 형성되는 것을 특징으로 하는 모세관력을 이용한 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면의 제작 방법.

[청구항 8]

제 7 항에 있어서,

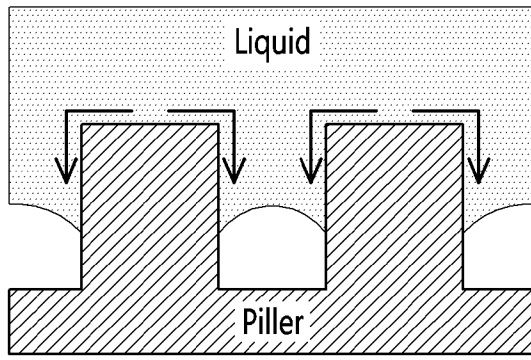
상기 미세 요철 구조는 나노미터 단위의 크기를 갖고, 상기 제2 미세패턴은 마이크로미터 단위의 크기를 갖는 것을 특징으로 하는 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면의 제작 방법.

[청구항 9]

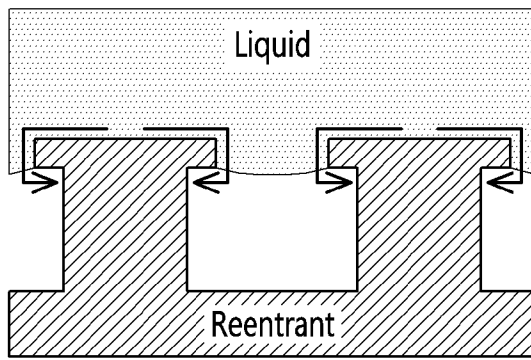
제 6 항에 있어서,

상기 제1 기제가 제거된 후 상기 재진입 구조가 형성된 제2 미세패턴 기둥 사이에는 상기 레진이 이어지지 않는 구간이 형성되는 것을 특징으로 하는 나노-마이크로 계층 구조를 갖는 표면의 제작 방법.

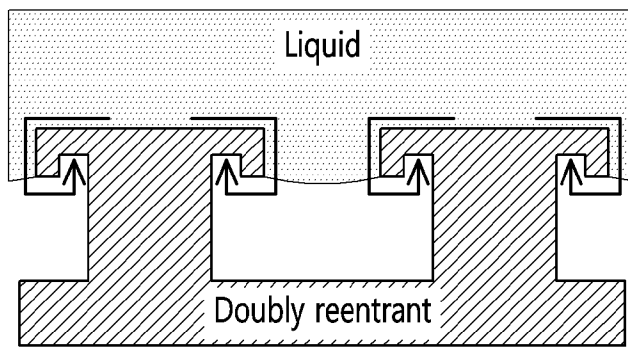
[도 1]



(a)

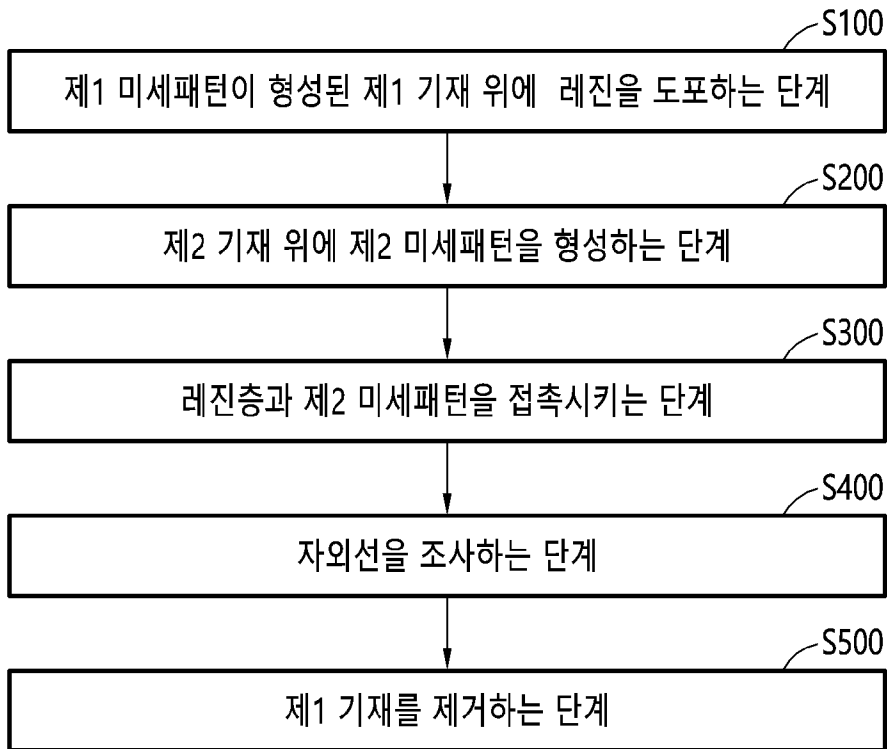


(b)

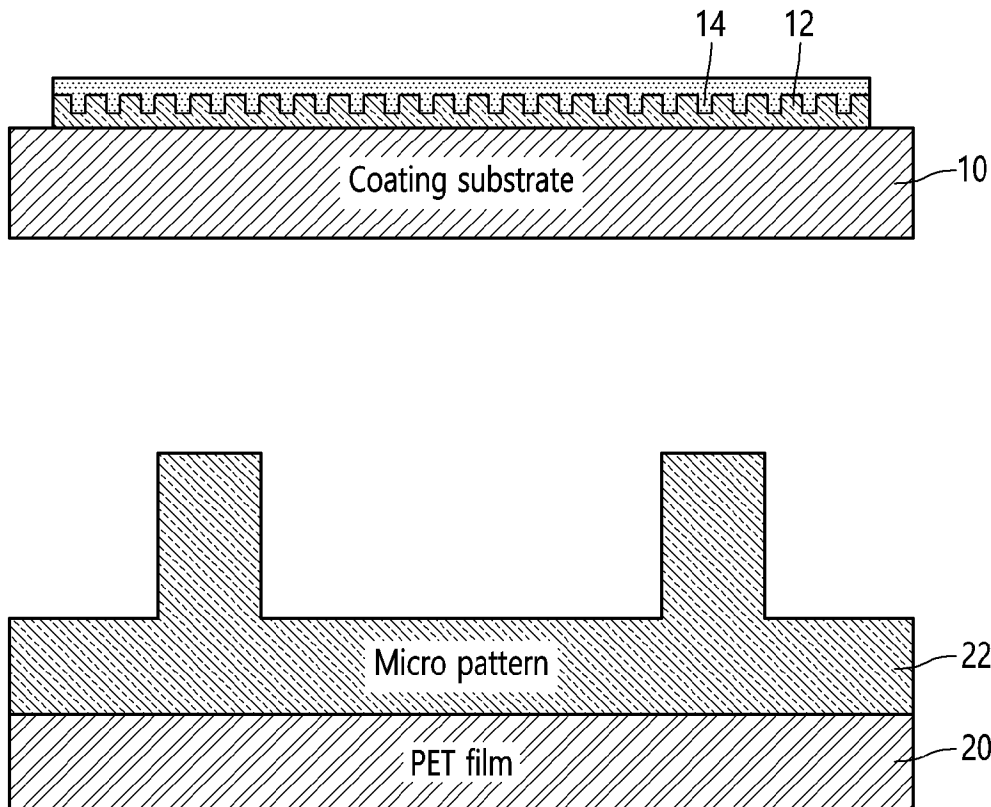


(c)

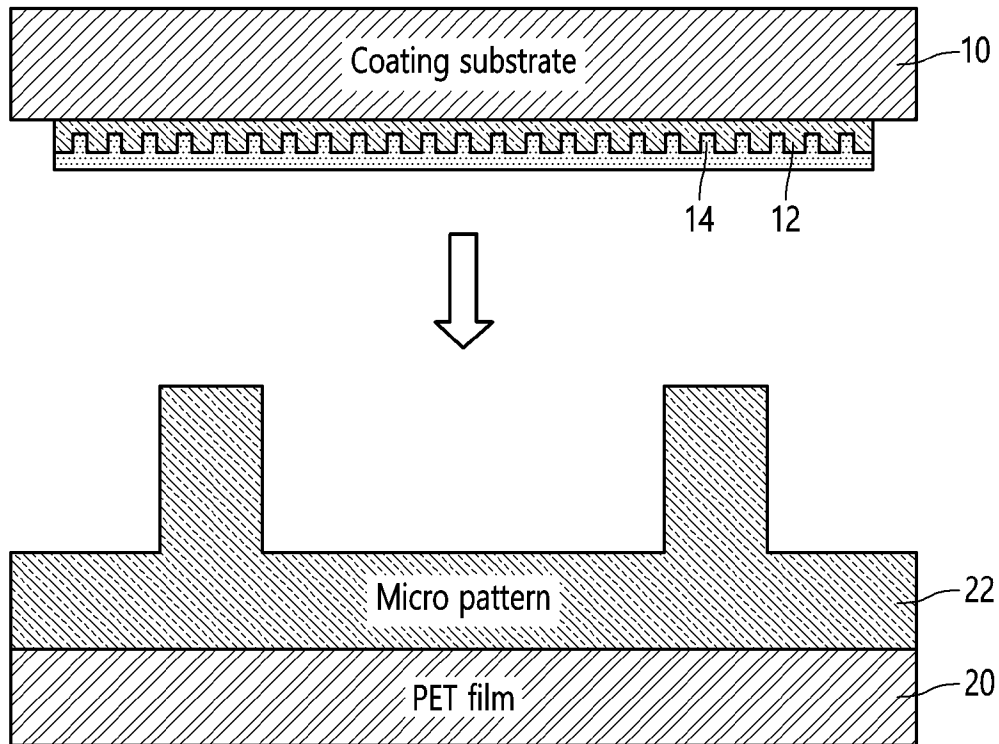
[도2]



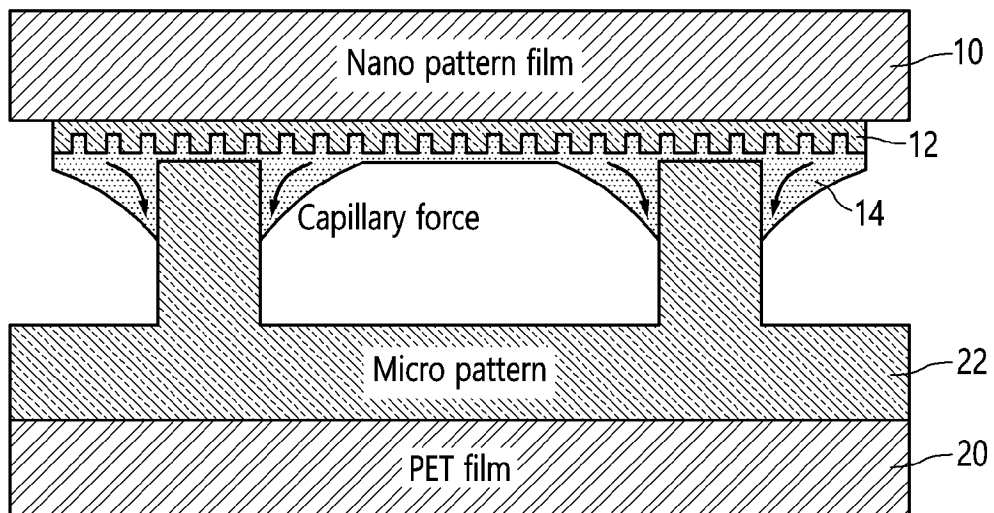
[도3a]



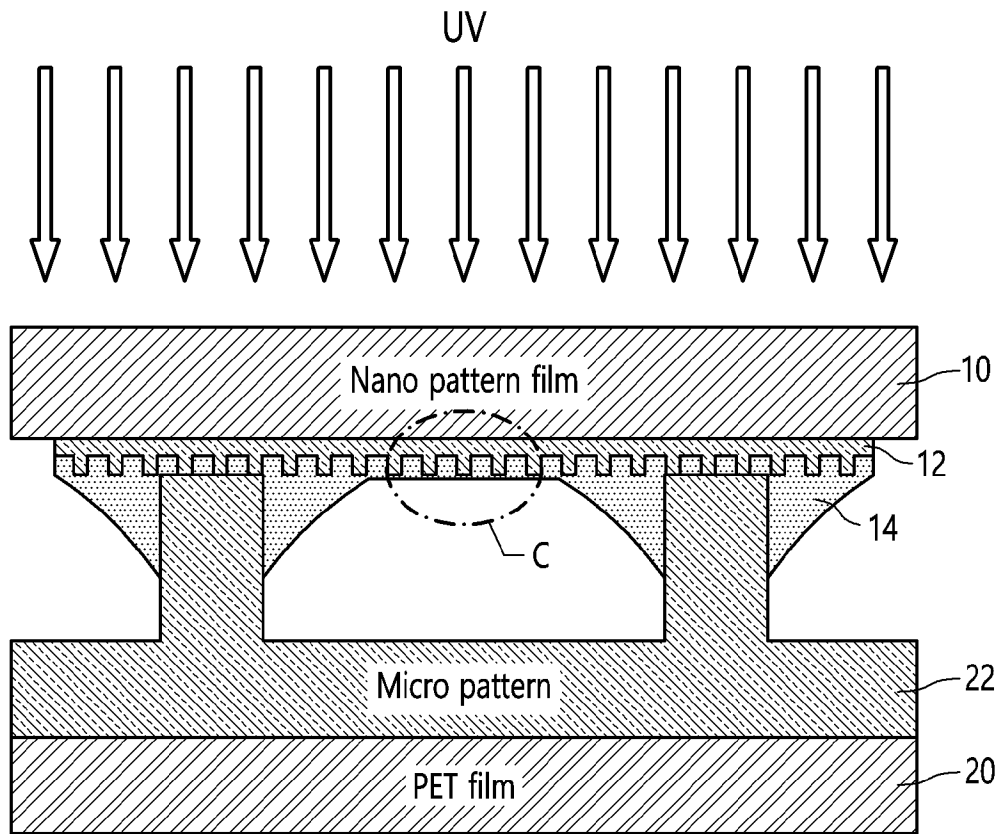
[도3b]



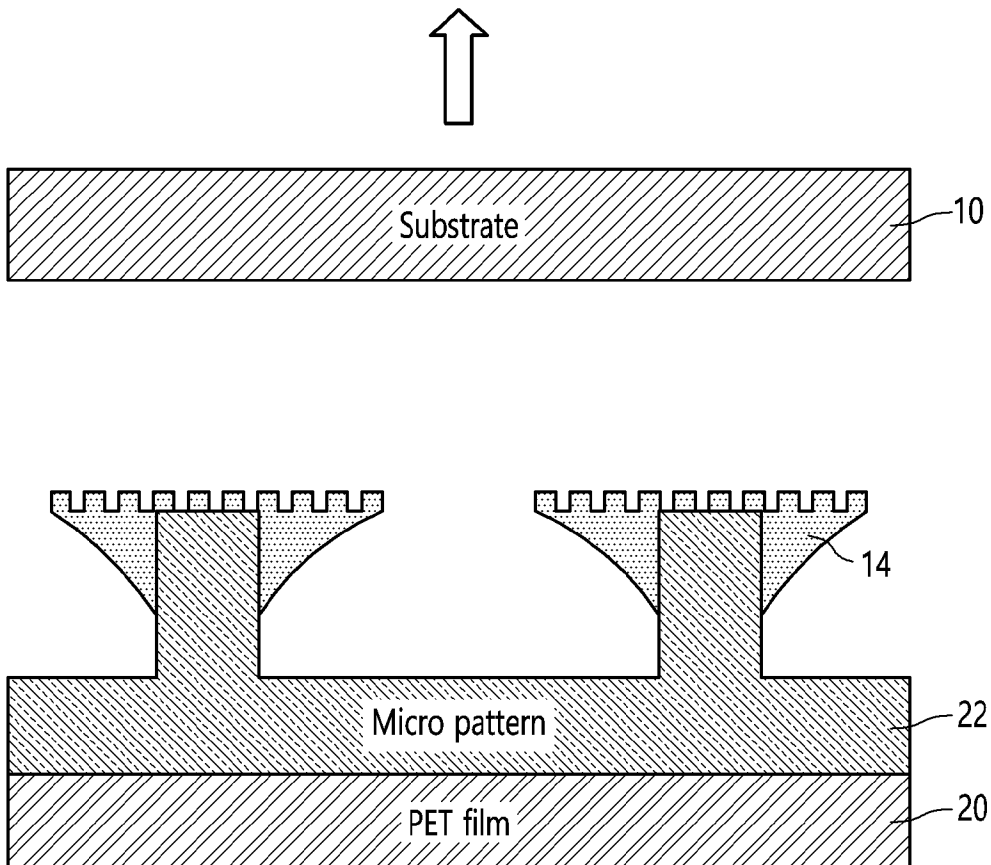
[도3c]



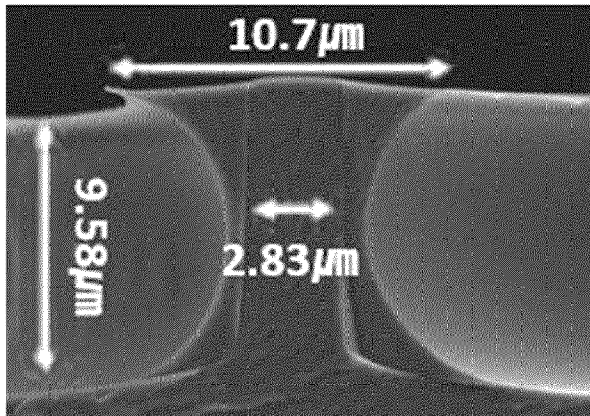
[도3d]



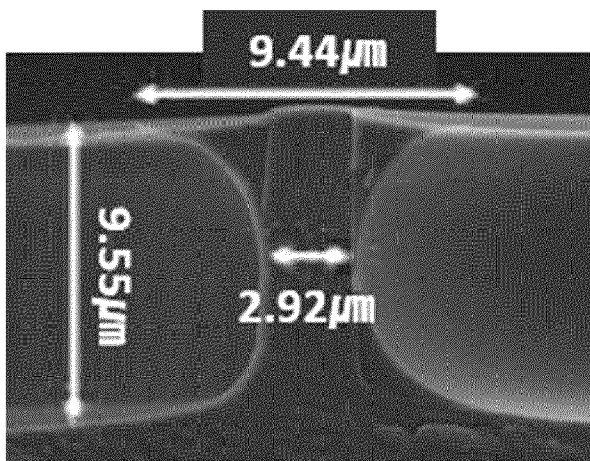
[도3e]



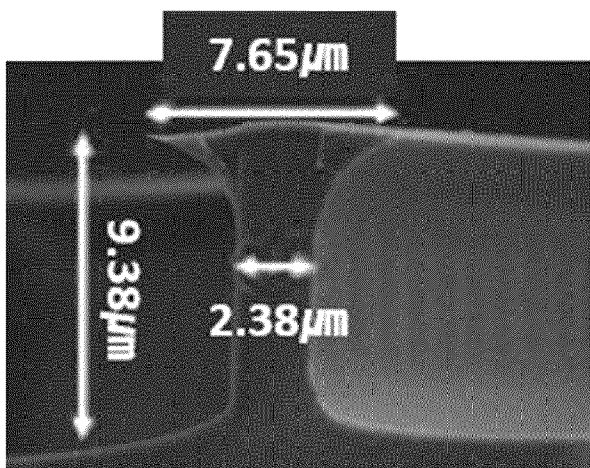
[도4]



(a)

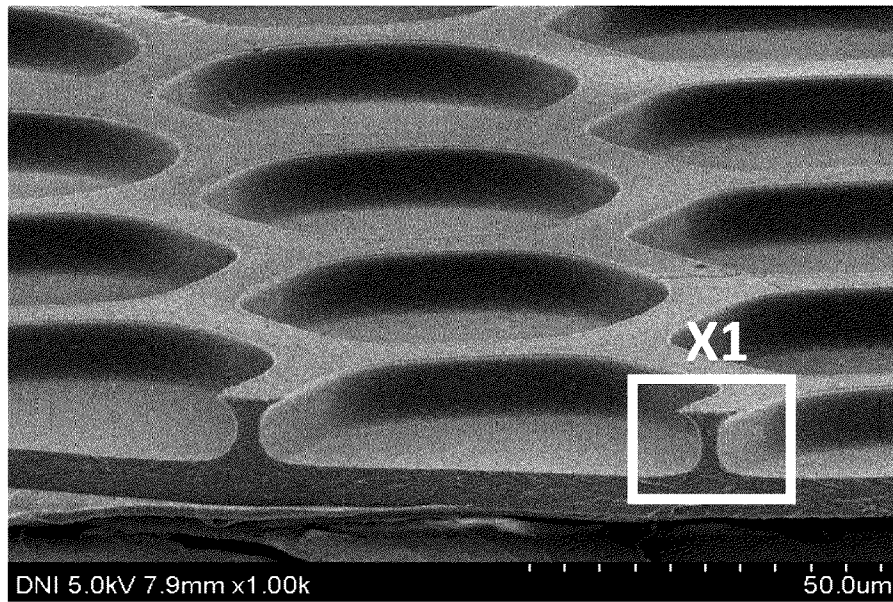


(b)

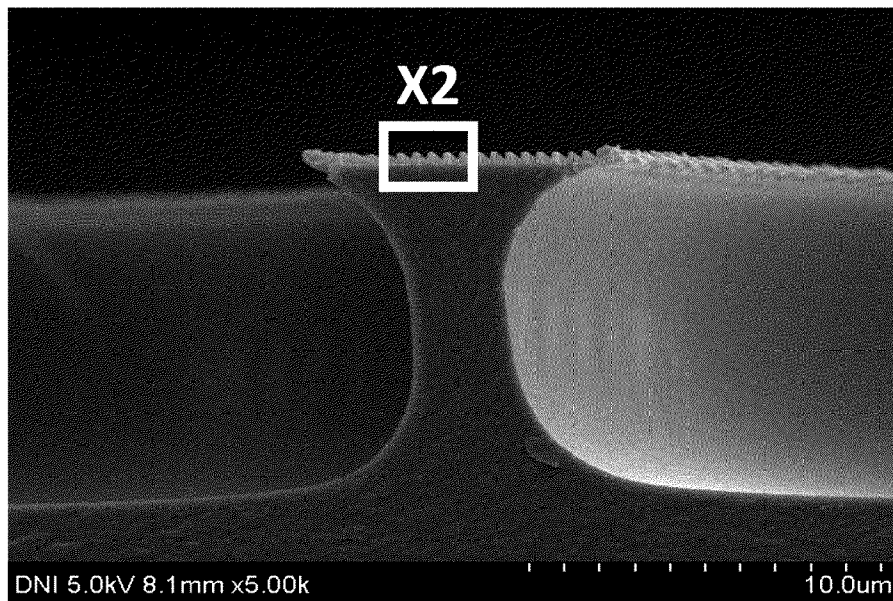


(c)

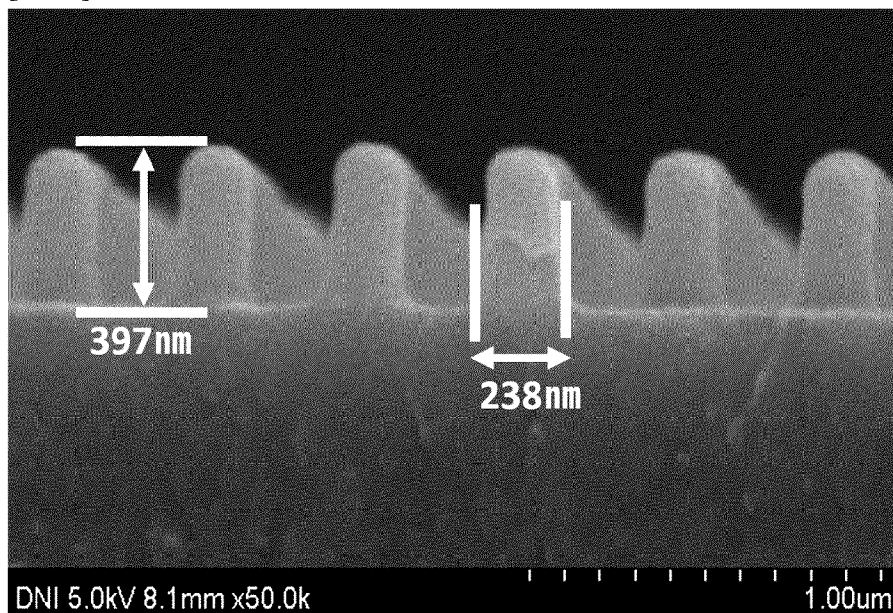
[도5a]



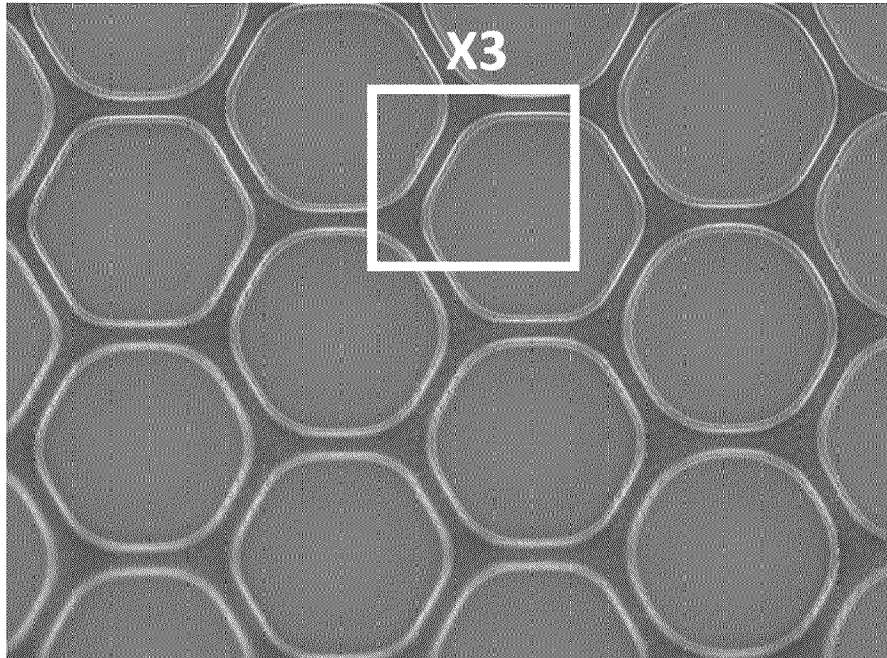
[도5b]



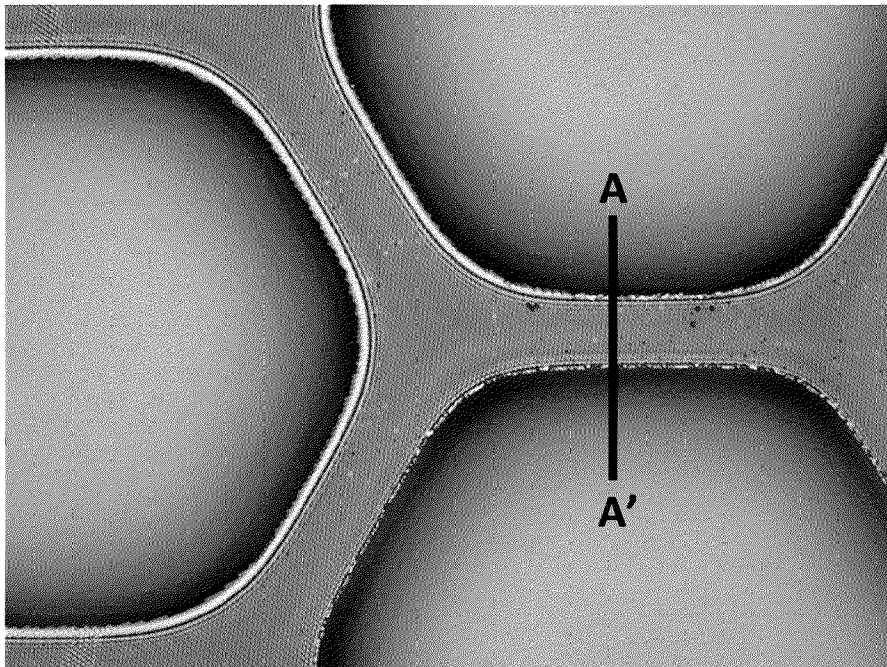
[도5c]



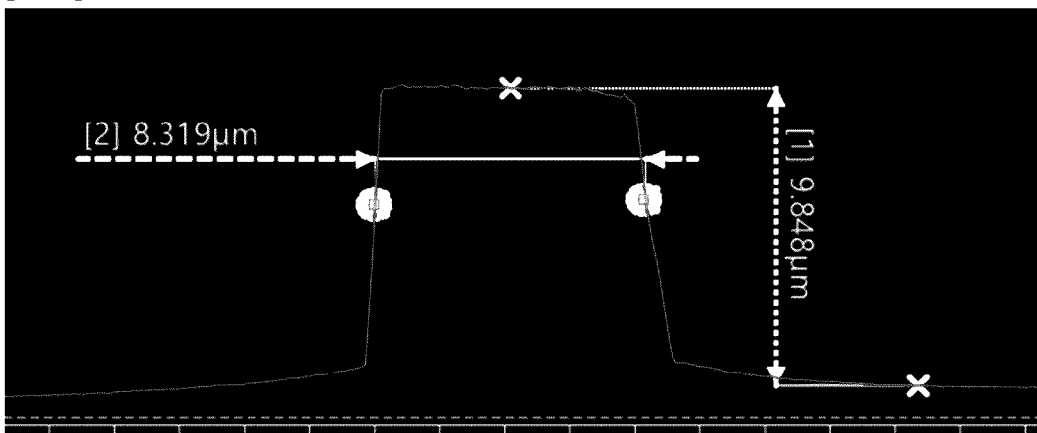
[도5d]



[도5e]

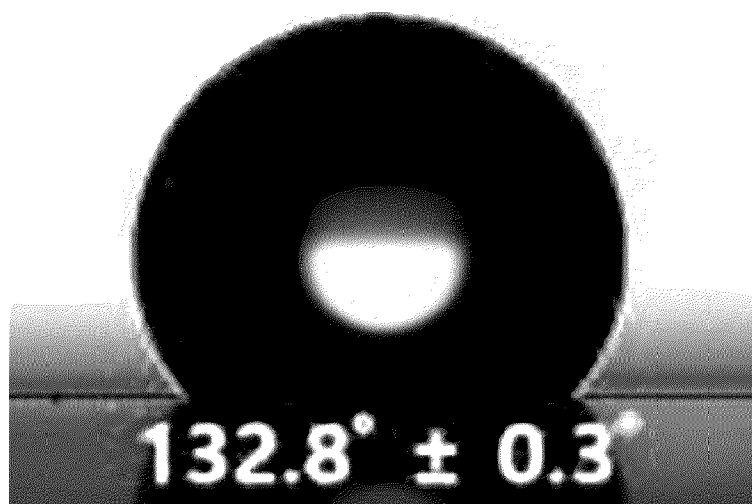


[도5f]

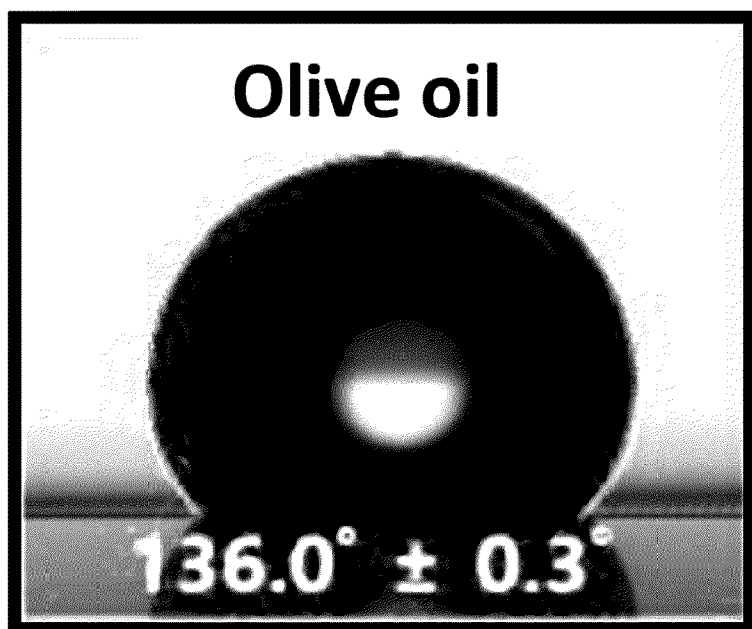


[도6]

Di-water

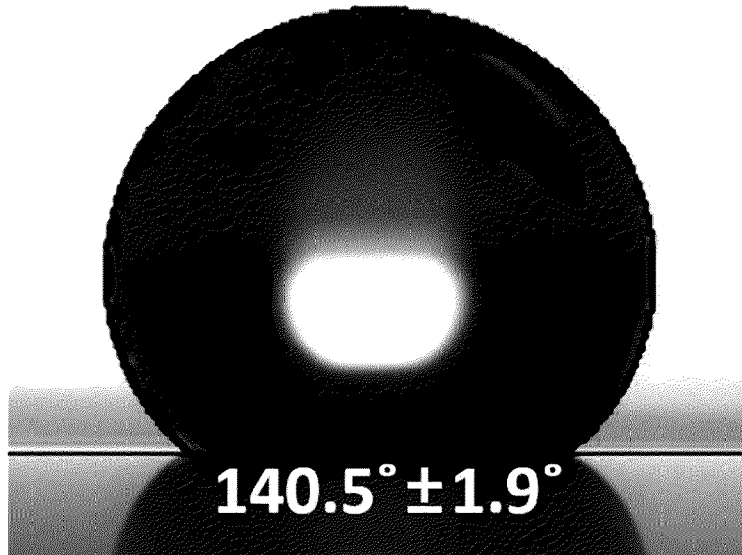


(a)



(b)

[도7]

Di-water

(a)

Olive oil

(b)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2022/011081

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G03F 7/00(2006.01)i; G03F 7/16(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G03F 7/00(2006.01); A61F 13/02(2006.01); A61L 15/22(2006.01); B82Y 20/00(2011.01); G02B 5/20(2006.01); G02B 6/12(2006.01); H01L 21/027(2006.01) Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models: IPC as above Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 모세관(capillary), 기둥(pillar), 경화(hardening), 자외선(UV), 패턴(pattern)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KIM, Seonjun et al. Effect of surface pattern morphology on inducing superhydrophobicity. 30 May 2020. Applied Surface Science. Volume 513, 145847. [Retrieved on 16 October 2022]. Retrieved from <Science Direct: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433220306036 >, < https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.145847 >. See pages 1-3.	1-9
A	KR 10-0696193 B1 (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 20 March 2007 (2007-03-20) See paragraphs [0029]-[0035] and figures 2a-2f.	1-9
A	CN 104914494 A (FUDAN UNIVERSITY) 16 September 2015 (2015-09-16) See entire document.	1-9
A	KR 10-2016-0029941 A (DANKOOK UNIVERSITY CHEONAN CAMPUS INDUSTRY ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION) 16 March 2016 (2016-03-16) See entire document.	1-9
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 02 November 2022		Date of mailing of the international search report 03 November 2022
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208 Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2022/011081

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2008-0033676 A (DONGJIN SEMICHEM CO., LTD.) 17 April 2008 (2008-04-17) See entire document.	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2022/011081

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR	10-0696193	B1	20 March 2007	None			
CN	104914494	A	16 September 2015	None			
KR	10-2016-0029941	A	16 March 2016	KR	10-1690370	B1	28 December 2016
KR	10-2008-0033676	A	17 April 2008	KR	10-1367044	B1	25 February 2014

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) G03F 7/00(2006.01)i; G03F 7/16(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G03F 7/00(2006.01); A61F 13/02(2006.01); A61L 15/22(2006.01); B82Y 20/00(2011.01); G02B 5/20(2006.01); G02B 6/12(2006.01); H01L 21/027(2006.01) 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 모세관(capillary), 기둥(pillar), 경화(hardening), 자외선(UV), 패턴(pattern)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	Seonjun Kim 등, Effect of surface pattern morphology on inducing superhydrophobicity, 2020.05.30, Applied Surface Science, Volume 513, 145847, [검색일: 2022.10.16.] 출처<Science Direct: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433220306036 >, < https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.145847 > 페이지 1-3	1-9
A	KR 10-0696193 B1 (한국전자통신연구원) 2007.03.20 [0029]-[0035] 및 도면 2a-2f	1-9
A	CN 104914494 A (FUDAN UNIVERSITY) 2015.09.16 전체 문헌	1-9
A	KR 10-2016-0029941 A (단국대학교 천안캠퍼스 산학협력단) 2016.03.16 전체 문헌	1-9
A	KR 10-2008-0033676 A (주식회사 동진세미켄) 2008.04.17 전체 문헌	1-9
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2022년11월02일(02.11.2022)		국제조사보고서 발송일 2022년11월03일(03.11.2022)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 허주형 전화번호 +82-42-481-5373

국 제 조 사 보 고 서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호

PCT/KR2022/011081

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-0696193 B1	2007/03/20	없음	
CN 104914494 A	2015/09/16	없음	
KR 10-2016-0029941 A	2016/03/16	KR 10-1690370 B1	2016/12/28
KR 10-2008-0033676 A	2008/04/17	KR 10-1367044 B1	2014/02/25