(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2024 년 5 월 30 일 (30.05.2024)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2024/112144 A1

(51) 국제특허분류:
B32B 3/28 (2006.01) *A61L 29/14* (2006.01)
B32B 3/30 (2006.01) *B29C 33/42* (2006.01)
B32B 1/08 (2006.01) *B81C 99/00* (2010.01)
A61L 29/08 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2023/019075

(22) 국제출원일: 2023 년 11 월 24 일 (24.11.2023)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2022-0160597 2022 년 11 월 25 일 (25.11.2022) KR

(71) 출원인: 고려대학교 산학협력단 (**KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION**) [KR/KR]; 02841 서울특별시 성북구 안암로 145, Seoul (KR). 사회복지법인 삼성생명공익재단 (**SAMSUNG LIFE PUBLIC WELFARE FOUNDATION**) [KR/KR]; 04348 서울특별시 용산구 이태원로55길 48, Seoul (KR).

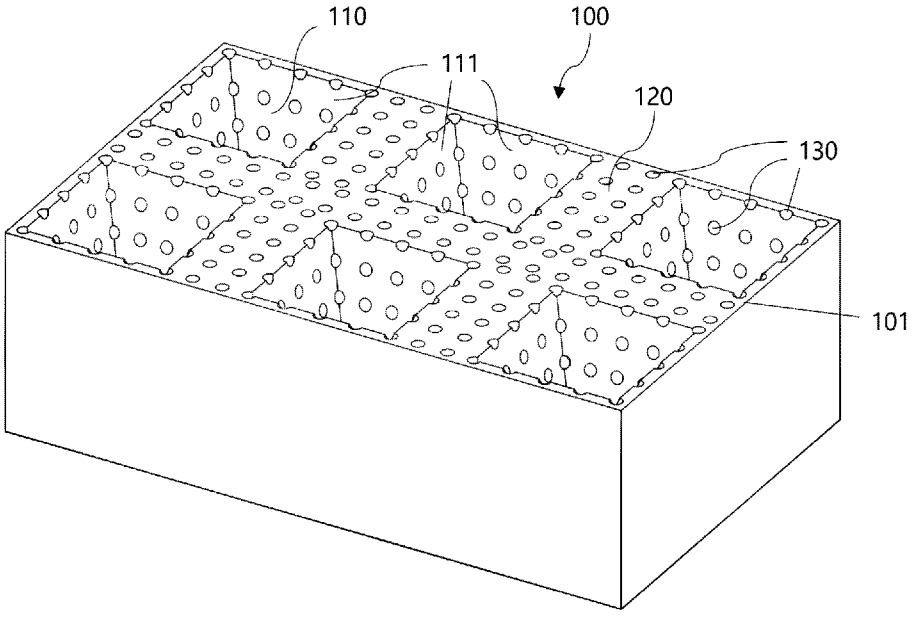
(72) 발명자: 최연호 (**CHOI, Yeonho**); 06276 서울특별시 강남구 선릉로 221, 405동 603호, Seoul (KR). 서동권 (**SEO, Dongkwon**); 02848 서울특별시 성북구 고려대로 5길 93, 402호, Seoul (KR). 조양현 (**CHO, Yang Hyun**); 06544 서울특별시 서초구 신반포로 270, 115동 1402호, Seoul (KR).

(74) 대리인: 특허법인 에스알비 (**SRB IP & LAW FIRM**); 06130 서울특별시 강남구 강남대로94길 53, 4층, 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, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,

(54) **Title:** DOUBLY REENTRANT STRUCTURE-BASED OMNIPHOBIC THIN FILM AND CONDUIT, AND MANUFACTURING METHODS THEREOF

(54) **발명의 명칭:** 이중 재진입 구조 기반의 발수유성 박막 및 도관, 및 이의 제법



(57) **Abstract:** The present invention relates to a thin film and a conduit having omniphobicity based on structural characteristics, and manufacturing methods thereof. Specifically, the present invention is structurally characterized by a doubly reentrant structure, and the thin film and conduit having the doubly reentrant structure according to the present invention exhibit high omniphobicity. Through the omniphobicity, the present invention can minimize adhesion and cohesion of fluid flowing on or through the omniphobic thin film or conduit, and can be easily applied to various fields on the basis of the high flexibility and elasticity thereof.

(57) **요약서:** 본 발명은 구조적 특성에 기반한 발수유성 박막 및 도관, 및 이의 제법에 관한 것으로, 구체적으로 본 발명의 구조적 특성은 이중 재진입 구조인 것이고, 본 발명에 따른 이중 재진입 구조를 가지는 박막 및 도관은 높은 발수유성을 보인다. 이러한 발유수성을 통해 본 발명은 발수유성 박막 또는 도관을 흐르는 유체의 부착 및 응집을 최소화할 수 있으며, 높은 유연성과 탄성을 바탕으로 다양한 분야에 용이하게 적용될 수 있다.

WO 2024/112144 A1

[다음 쪽 계속]

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.

(84) **지정국** (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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: 이중 재진입 구조 기반 의 발수유성 박막 및 도관, 및 이의 제법

기술분야

[1] 본 발명은 과학기술정보통신부 지원 하에서 과제고유번호 1711159574, 과제번호 2021M3H4A4079629에 의해 이루어진 것으로서, 상기 과제의 연구관리전문기관은 한국연구재단, 연구사업명은 "나노커넥트 사업", 연구과제명은 "광나노센서 프린팅 기술로 검출된 다중 바이오마커의 기계학습을 통한 폐암진단 기술개발", 주관기관은 고려대학교 산학협력단, 연구기간은 2022.03.01. ~ 2023.02.28.이다.

[2] 본 발명은 구조적 특성에 기반한 발수유성 박막 및 도관, 및 이의 제법에 관한 것으로, 구체적으로 본 발명의 구조적 특성은 이중 재진입 구조인 것이고, 본 발명에 따른 이중 재진입 구조를 가지는 박막 및 도관은 높은 발수유성을 보인다.

배경기술

[3] 표면의 젖음 특성 조절은 매우 다양한 분야에서 유용하게 사용되고 있는 기 술 중 하나이다. 특히, 기술의 발전으로 기존의 매크로 (macro) 단위에서 진행되던 연구가 마이크로 (micro) 단위로 축소됨으로써, 미소 크기의 제어가 거시세계에 미치는 영향에 관한 연구가 크게 주목받고 있다.

[4] 고체의 표면에서 액체의 젖음 정도는 표면이 갖는 화학적 조성과 더불어 기하학적 미세구조에 영향을 받는다. 보다 구체적으로는, 액체와 고체의 표면 에너지 균형에 의해 젖음 특성이 결정되기 때문에, 표면의 거칠기를 소단위로만 변형하더라도 효과를 현저히 증대시킬 수 있다.

[5] 발수유성 (Omniphobic) 표면이란 소수성을 갖는 동시에 소유성을 가짐으로써 모든 액체를 반발하는 특성을 갖는 표면을 의미한다. 표면의 거칠기 변형은 기하학적인 미세구조에 의해 발생하는 액체, 고체 간의 에너지 균형 외에도, 공기와 액체, 공기와 고체 간의 에너지 균형을 발생시킨다.

[6] 한편, 수술 과정에서 사용되는 의료용 튜브는 장기간 사용이 필수적이나 혈액 응고에 의해 사용 시간이 제한적이다. 이를 극복하기 위한 기존의 혈액 응고 방지법으로는 체내에 과량의 항응고 물질을 투여하거나, 항응고 물질을 튜브에 코팅하는 방법이 있었다. 그러나, 이러한 방법들은 인체의 지혈 과정에 악영향을 초래하거나 지속성 부족으로 혈전이 재생성되어 튜브 표면에 응집되므로, 튜브의 장기적 사용에 치명적인 한계를 드러내었다.

[7] 이에 따라, 항응고 물질을 과량 사용하지 않으면서도 우수한 발수성을 구비하여 의료용 튜브에 적용 시 혈액을 효과적으로 반발시킬 수 있는 발수유성 박막과 이를 이용한 항응고성 혈액 도관의 개발이 요구되는 실정이다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[8] 이에 본 발명자들은 박막의 표면에 이중 재진입 구조를 적용함으로써 전술한 종래기술의 문제점을 해결할 수 있는 발수유성 박막을 제조할 수 있음을 확인하였다. 또한, 제조된 발수유성 박막은 유연성과 탄성이 높아 도관 형태로 용이하게 제조될 수 있음을 확인하였다.

[9]

[10] 이에, 본 발명의 목적은 이중 재진입 구조 기반의 발수유성 박막을 제공하는 것이다.

[11] 본 발명의 다른 목적은 이중 재진입 구조 기반의 발수유성 박막을 제조하는 방법을 제공하는 것이다.

[12] 본 발명의 또 다른 목적은 이중 재진입 구조 기반의 발수유성 박막이 적용된 도관을 제공하는 것이다.

[13] 본 발명의 또 다른 목적은 이중 재진입 구조 기반의 발수유성 박막이 적용된 도관의 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

[14] 본 발명은 구조적 특성에 기반한 발수유성 박막 및 도관, 및 이의 제법에 관한 것으로, 본 발명에 따른 박막 또는 도관을 통해 박막 또는 도관을 흐르는 유체의 부착 및 응집을 최소화할 수 있다.

[15] 이하, 본 발명을 더욱 자세히 설명하고자 한다.

[16]

[17] 본 발명의 일 양태는, 박막의 표면으로부터 박막 내측 방향으로 배치되고, 측면에 하나 이상의 제1접촉면을 포함하고, 함입구 및 바닥면을 포함하는 하나 이상의 제1함입부; 제1함입부가 배치되지 않은 박막의 표면에 배치되는 제2접촉면; 및 제1접촉면, 제2접촉면 및 제1함입부의 바닥면으로 이루어지는 그룹에서 선택되는 하나 이상에 배치되는 복수의 제2함입부;를 포함하는, 발수유성 박막에 관한 것이다.

[18] 본 발명의 일 구현예에서, 박막의 소재는 유연성 고분자인 것일 수 있다.

[19] 본 발명의 일 구현예에서, 유연성 고분자는 폴리비닐 알코올, 폴리우레탄 (polyurethane; PU), 폴리에테르-기반 폴리우레탄 (polyether-based polyurethane), 실레인-변형 폴리우레탄 (silane-modified polyurethane), 폴리실록산 (polysiloxane) 및 이들의 혼합물로 이루어진 그룹에서 선택되는 어느 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다.

[20]

[21] 본 발명의 일 구현예에서, 폴리실록산은 폴리디메틸실록산 (polydimethylsiloxane; PDMS)인 것일 수 있다.

[22] 본 발명의 일 구현예에서, 박막은 제1함입부를 둘 이상 포함하고, 제1함입부는 서로 5 내지 15 um의 간격으로 이격되도록 배치되는 것일 수 있다.

[23] 본 발명의 일 구현예에서, 제1함입부는 제1접촉면을 복수로 포함하는 것일 수 있다.

[24] 본 발명의 일 구현예에서, 제1접촉면은 소정의 각도로 경사지게 배치되는 것일 수 있다.

[25] 본 발명의 일 구현예에서, 함입구의 면적은 바닥면의 면적보다 큰 것일 수 있다.

[26] 본 발명의 일 구현예에서, 제1함입부의 깊이는 10 내지 20 um인 것일 수 있다.

[27] 본 발명의 일 구현예에서, 제2함입부의 직경은 0.2 내지 0.8 um인 것일 수 있다.

[28] 본 발명의 일 구현예에서, 제2함입부는, 제1접촉면, 제2접촉면 및 제1함입부의 바닥면에 배치되는 것일 수 있다.

[29] 본 발명의 다른 양태는, 하나 이상의 필러 (pillar) 구조를 포함하고, 표면에 복수의 돌출부가 배치된 필러 어레이 몰드 (pillar array mold)를 준비하는 준비 단계; 및 상기 필러 어레이 몰드에 발수유성 박막 형성용 소재를 주입하는 주입 단계; 를 포함하는, 발수유성 박막 제조 방법에 관한 것이다.

[30] 본 발명의 일 구현에에서, 방법은, 필러 어레이 몰드에 주입된 발수유성 박막 형성용 소재를 경화시키는 경화 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.

[31] 본 발명의 일 구현예에서, 방법은, 발수유성 박막 형성용 소재가 경화된 후, 상기 필러 어레이 몰드를 제거하는 제거 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.

[32] 본 발명의 또 다른 양태는, 지지체; 및 지지체의 내측에 배치된 발수유성 박막; 을 포함하고, 발수유성 박막은:

[33] 박막의 표면으로부터 박막 내측 방향으로 배치되고, 측면에 하나 이상의 제1접촉면을 포함하고, 함입구 및 바닥면을 포함하는 하나 이상의 제1함입부; 제1함입부가 배치되지 않은 박막의 표면에 배치되는 제2접촉면; 및 제1접촉면, 제2접촉면 및 제1함입부의 바닥면으로 이루어지는 그룹에서 선택되는 하나 이상에 배치되는 복수의 제2함입부;를 포함하는 것인, 발수유성 도관에 관한 것이다.

[34] 본 발명의 일 구현에에서, 발수유성 박막은 제2접촉면이 도관의 중심부를 향하도록 지지체의 내측에 배치되는 것일 수 있다.

[35] 본 발명의 일 구현예에서, 지지체는 원통 형상이고, 지지체의 직경은 내주의 직경이 0.6 cm이고, 외주의 직경이 1 cm 것일 수 있다.

[36] 본 발명의 일 구현예에서, 지지체 또는 발수유성 박막의 소재는 유연성 고분자인 것일 수 있다.

[37] 본 발명의 일 구현예에서, 유연성 고분자는 폴리우레탄, 폴리에테르-기반 폴리우레탄, 실레인-변형 폴리우레탄, 폴리실록산 및 이들의 혼합물로 이루어진 그룹에서 선택되는 어느 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다.

[38] 본 발명의 일 구현예에서, 폴리실록산은 폴리디메틸실록산인 것일 수 있다.

[39] 본 발명의 또 다른 양태는, 내부 몰드 표면에 발수유성 박막을 감는 내부 몰드 부착 단계; 발수유성 박막이 감긴 내부 몰드의 외부에 외부 몰드를 배치하는 배치 단계; 및 외부 몰드 및 내부 몰드 사이에 지지체 소재를 적용하는 지지체 주입 단계;를 포함하는, 발수유성 도관 제조방법에 관한 것이다.

[40] 본 발명의 일 구현예에서, 내부 몰드 부착 단계는, 내부 몰드 표면 및 발수유성 박막의 틈에 발수유성 박막과 동일한 고분자 소재를 적용하여 고정시키는 고정 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.

[41] 본 발명의 일 구현예에서, 내부 몰드 부착 단계는, 산소 플라즈마 (O_2 plasma)로 처리하는 플라즈마 처리 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.

[42] 본 발명의 일 구현예에서, 배치 단계는, 내부 몰드의 밑면에 수직한 중심축 및 외부 몰드의 밑면에 수직한 중심축을 일치시키는 몰드 정렬 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.

[43] 본 발명의 일 구현예에서, 방법은, 주입된 지지체 소재를 경화시키는 지지체 경화 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.

[44] 본 발명의 일 구현예에서, 방법은, 지지체 소재의 경화가 완료된 후, 내부 몰드 및 외부 몰드를 제거하는 몰드 제거 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.

발명의 효과

[45] 본 발명의 발수유성 박막은 이중 재진입 구조를 이용하여 표면에 접촉하는 액체를 효율적으로 반발시킬 수 있으며, 별도의 기판 또는 지지체가 필요하지 않은 일체형으로 구성될 수 있는 것으로 유연성, 탄성 및 강도가 우수하다. 따라서 본 발명의 발수유성 박막을 이용하여 제조한 발수유성 도관은 종래 발수유성 도관에 비해 구조적 안정성이 확보되고, 발수유성의 지속 시간, 유지 관리의 측면 모두 개선된 효과를 보일 수 있어, 의료용 튜브를 비롯한 많은 도관 분야에 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[46] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 발수유성 박막의 사시도를 나타낸 도면이다.

[47] 도 1b는 본 발명의 일 실시예에 따른 발수유성 박막의 단면도이다.

[48] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 필러 어레이 몰드를 나타낸 도면이다.

[49] 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 발수유성 도관의 사시도를 나타낸 도면이다.

[50] 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른 발수유성 도관의 단면도이다.

[51] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 발수유성 박막을 제조하는 과정을 간략하게 나타낸 도면이다.

[52] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 발수유성 도관을 제조하는 과정을 간략하게 나타낸 도면이다.

[53] 도 6는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 발수유성 도관 및 이의 표면의 확대 사진을 나타낸 도면이다.

[54] 도 7은 비교예와 본 발명의 일 실시예에 따른 도관 내측면에서의 물 및 미네랄 오일의 접촉각을 나타낸 도면이다.

[55] 도 8은 비교예와 본 발명의 일 실시예에 따른 도관의 시뮬레이션 모델에 따른 이중 재진입 구조의 공기 갇힘 효과 증대에 대한 공기 갇힘 시뮬레이션 결과를 나타낸 도면이다.

[56] 도 9는 비교예와 본 발명의 일 실시예에 따른 도관 내측면의 5종 액체 (미네랄 오일, 올리브 오일, 에틸렌 글리콜, 글리세롤, 물) 대한 접촉각 측정 결과를 나타낸 그래프이다.

[57] 도 10a는 비교예와 본 발명의 일 실시예에 따른 도관 내측면에서 혈액이 유지하는 형태를 관찰한 결과를 나타낸 도면이다.

[58] 도 10b는 비교예와 본 발명의 일 실시예에 따른 도관을 경사지게 배치한 후, 도관 표면에 낙하된 혈액의 자취를 나타낸 도면이다.

[59] 도 11a는 토끼에 비교예 및 본 발명의 일 실시예에 따른 도관을 연결하여 혈액 순환을 시킴에 있어, 각 도관별 도관 내측면의 혈전 생성 및 부착을 관찰한 사진을 나타낸 것이다.

[60] 도 11b는 토끼에 비교예 및 본 발명의 일 실시예에 따른 도관을 연결하여 혈액 순환을 시킴에 있어, 혈전 생성 및 부착이 이루어진 각 도관별 정면 사진을 나타낸 것이다.

[61] 도 11c는 토끼에 비교예 및 본 발명의 일 실시예에 따른 도관을 연결하여 혈액 순환을 시킴에 있어, 각 도관별 도관 내측면의 혈전 생성 및 부착으로 인해 발생한 혈병을 거름망 (filter)으로 걸러낸 결과의 사진을 나타낸 것이다.

[62] 도 12a는 토끼에 비교예 및 본 발명의 일 실시예에 따른 도관을 연결하여 혈액 순환을 시킴에 있어, 각 도관을 통한 혈액순환 시, 시간에 따른 상대적 혈류 세기를 비교한 그래프이다.

[63] 도 12b는 토끼에 비교예 및 본 발명의 일 실시예에 따른 도관을 연결하여 혈액 순환을 시킴에 있어, 혈액순환 시간별로 각 도관 내측면에 부착된 혈전의 양을 비교한 그래프이다.

[64] 도 12c는 토끼에 비교예 및 본 발명의 일 실시예에 따른 도관을 연결하여 혈액 순환을 시킴에 있어, 각 도관을 거친 혈액의 혈액순환 시간별 절대적 혈소판 잔존량을 비교한 그래프이다.

[65] 도 12d는 토끼에 비교예 및 본 발명의 일 실시예에 따른 도관을 연결하여 혈액 순환을 시킴에 있어, 각 도관을 거친 혈액의 혈액순환 시간별 상대적 혈소판 잔존량을 비교한 그래프이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[66] 박막의 표면으로부터 박막 내측 방향으로 배치되고, 측면에 하나 이상의 제1접촉면을 포함하고, 함입구 및 바닥면을 포함하는 하나 이상의 제1함입부;

[67] 제1함입부가 배치되지 않은 박막의 표면에 배치되는 제2접촉면; 및

[68] 제1접촉면, 제2접촉면 및 제1함입부의 바닥면으로 이루어지는 그룹에서 선택되는 하나 이상에 배치되는 복수의 제2함입부;

[69] 를 포함하는, 발수유성 박막.

발명의 실시를 위한 형태

[70] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시 형태를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부된 도면과 함께 이하에 개시될 상세한 설명은 본 발명의 예시적인 실시 형태를 설명하고자 하는 것으로, 본 발명이 실시될 수 있는 유일한 실시 형태를 나타내고자 하는 것이 아니고, 본 발명의 요지에 따라 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되지 않는다.

[71] 또한, 몇몇의 경우, 본 발명의 개념이 모호해지는 것을 피하기 위하여 공지의 구조는 생략될 수 있고, 본 명세서 전체에서 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용하여 설명한다.

[72] 용어 "또는"은 배타적 "또는"이 아니라 내포적 "또는"을 의미하는 것으로 의도된다. 즉, 구성 간의 결합 또는 이용이 달리 특정되지 않거나 문맥상 명확하지 않은 경우에, 즉, X가 A를 포함하거나; X가 B를 포함하거나; 또는 X가 A 및 B 모두를 포함하는 경우, "X는 A 또는 B를 포함한다"가 이들 경우들 어느 것으로도 적용될 수 있다.

[73]

[74] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 발수유성 박막의 사시도이고, 도 1b는 본 발명의 일 실시예에 따른 발수유성 박막의 단면도이다.

[75] 도 1a 및 도 1b를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 발수유성 박막 (100)은 제1함입부 (110), 제2접촉면 (120) 및 제2함입부 (130)를 포함할 수 있다.

[76] 제1함입부 (110)는 박막의 표면 (101)으로부터 박막 (100) 내측 방향으로 배치될 수 있다. 이때, 박막 (100)의 내측 방향은 박막 (100)의 내부 방향, 즉 박막의 표면 (101)에서 박막 (100) 표면과 마주보는 밑면을 향하는 방향을 의미하는 것일 수 있다.

[77] 제1합입부 (110)는 박막의 표면 (101)에 하나 이상 포함될 수 있다. 예를 들어, 제1함입부 (110)는 박막의 표면 (101)에 10, 20, 30, 또는 100개 이상 포함될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[78] 복수의 제1함입부 (110)가 포함되는 경우, 제1함입부 (110) 간의 간격이 5 um 미만이면 액체에 대한 반발 특성을 나타내는 공기의 총량이 적을 수 있고, 15 um 초과이면 액체 접촉 시 공기가 주변으로 확산되어 반발 특성이 저하될 수 있다.

[79] 따라서, 이를 방지하기 위해, 인접한 각 제1함입부 (110)는 서로 5 내지 15 um, 예를 들어, 5.0um, 7.5 um, 10 um, 12.5 um 또는 15 um의 간격으로 이격되도록 배치될 수 있다. 이때, 제1함입부 (110)의 간격은 인접한 두 제1함입부 (110)의 각 함입구 (112)의 중심 간의 거리를 의미하는 것일 수 있다.

[80] 제1함입부 (110)는 하나 이상의 제1접촉면 (111), 함입구 (112) 및 바닥면 (113)을 포함할 수 있다.

[81] 제1함입부 (110)는 제1접촉면 (111)을 하나 이상 포함할 수 있다. 이때, 한 개의 제1접촉면 (111)을 포함하는 경우, 제1합입부 (110)는 원뿔대, 원통 또는 역원뿔대 형상일 수 있고, 예를 들어, 두 개의 제1접촉면 (111)을 포함하는 경우, 제1함입부 (110)는 반원뿔대, 반원통 또는 반역원뿔대 형상일 수 있고, 예를 들어, 네 개의 제1접촉면 (111)을 포함하는 경우, 사각뿔대, 직육면체 또는 역사각뿔대 형상일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[82] 제1접촉면 (111)은 바닥면 (113)과 소정의 각도 (θ)로 경사지게 배치될 수 있다. 소정의 각도 (θ)는, 제1함입부 (110)를 바닥면 (113)에 수직하고 바닥면 (113) 및 함입구 (112)를 모두 지나는 평면으로 자른 단면에 있어서, 바닥면 (113)의 단면과 제1접촉면 (111)의 단면이 이루는 각도를 지칭하는 것일 수 있다. 소정의 각도 (θ)는 바닥면 (113)의 단면 양쪽 끝에서 제1접촉면 (111)의 단면과의 접촉으로 형성되며, 이때 바닥면 (113)의 단면 양쪽 끝에서 형성되는 두 각도는 서로 같거나 다를 수 있다.

[83] 소정의 각도 (θ)는 예각, 직각 또는 둔각일 수 있으며, 75° 내지 105°의 각도, 예를 들어, 75°, 80°, 85°, 90°, 95°, 100° 또는 105°의 각도일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[84] 함입구 (112)는 제1함입부 (110)에 포함될 수 있고, 제1함입부 (110) 내에서 박막의 표면 (101) 측에 배치될 수 있다. 공기는 함입구 (112)를 통해 제1함입부 (110) 내로 진입할 수 있고, 박막에 액체가 접촉되는 경우, 제1함입부 (110) 내에 존재하는 기체는 함입구 (112)를 통해 지지력 (supporting force)을 형성할 수 있다.

[85] 바닥면 (113)은 제1함입부 (110) 내에서 함입구 (112)와 반대측에 배치될 수 있고, 제1함입부 (110)가 박막 (100)의 내측으로 배치되는 경계를 형성할 수 있다.

[86] 바닥면 (113)의 면적은 함입구 (112)의 면적보다 작을 수 있다. 그리고, 바닥면 (113)은 함입구 (112)와 평행하게 배치될 수 있다.

[87] 제1함입부 (110)는 종횡비가 일정 범위에서 벗어나는 경우, 액체에 대한 박막 (100) 표면의 접촉각이 낮아져 발수성 및 발유성이 저하될 수 있다.

[88] 따라서, 이를 방지하기 위해, 제1함입부 (110)의 깊이는 10 내지 20 um, 예를 들어, 10 um, 12.5 um, 15 um, 17.5 um 또는 20 um일 수 있다. 이때, 제1함입부 (100)의 깊이는 함입구 (112)와 바닥면 (113) 간의 수직 거리 중 가장 긴 거리를 의미하는 것일 수 있다.

[89] 제1함입부 (110)는 본 발명의 일 실시예에 따른 박막의 표면 (101)이 재진입 구조를 나타내도록 할 수 있다.

[90] 본 명세서 상의 용어 “재진입 구조”는 고체 표면에서 하나 이상의 오목한 함입부를 지니는 구조를 의미한다. 재진입 구조를 지니는 고체 표면에 있어, 오목한 함입부의 형태, 크기 및 개수 등에 따라 상이한 습윤성 (wetting property)이 나타날 수 있다. 예를 들어, 일정한 간격으로 표면에 배열된 복수의 역사각뿔대 형상의 함입부, 또는 일정한 간격으로 표면에 배열된 복수의 구 형상의 함입부를 통해 높은 표면조도 (surface roughness) 및 높은 표면 이질성 (heterogeneity)을 형성

함으로써, 고체 표면이 낮은 표면 에너지 및 큰 액체 접촉각을 가지도록 할 수 있다.

[91] 제1함입부 (110)는 함입구 (112), 바닥면 (113) 및 바닥면 (113)을 기준으로 옆면에 해당하는 제1접촉면 (111)을 포함할 수 있으며, 함입구 (112), 바닥면(113) 및 제1접촉면 (111)의 넓이에 따라 제1함입부 (110)에 포획되는 공기의 양이 결정될 수 있다.

[92] 박막의 표면 (101) 중 제1함입부의 함입구 (112) 영역을 제외한 나머지 영역에 의해 제2접촉면 (120)이 형성될 수 있다.

[93] 제1접촉면 (111), 제2접촉면 (120) 및 제1함입부의 바닥면 (113)으로 이루어지는 그룹에서 선택되는 하나 이상에는 복수의 제2함입부 (130)가 배치될 수 있으며, 예를 들어, 제1접촉면 (111), 제2접촉면 (120) 및 바닥면 (113) 모두에 복수의 제2함입부 (130)가 배치될 수 있다.

[94] 제2함입부 (130)는 제1함입부 (110)와 함께 이중 재진입 구조를 형성할 수 있다.

[95] 본 명세서 상의 용어 "이중 재진입 구조"는 단일 재진입 구조에서 표면에 형성된 오목한 함입부 내에 다시 함입부를 형성하는 구조일 수 있다. 이중 재진입 구조를 통해 단일 재진입 구조에 비해 함입부에 포획되는 공기의 양을 증대시켜, 고체 표면에 접촉하는 액체에 대한 공기의 지지력을 높이고, 따라서 더 큰 액체 접촉각을 형성할 수 있다. 즉, 일 실시예에 따른 박막은 제1함입부와 제2함입부를 통해서 함입부 내에 다시 함입부를 형성하는 구조를 포함할 수 있으며, 제1함입부뿐만 아니라 제2함입부를 통해서 함입부 전체에 포획도는 공기의 양을 증가시킴에 따라서 박막 표면에 접촉하는 액체에 대한 공기의 지지력을 크게 향상시킬 수 있다.

[96] 제2함입부 (130)는 직경이 0.2 um, 0.3 um, 0.4 um, 0.5 um, 0.6 um, 0.7 um 또는 0.8 um와 같은, 0.2 내지 0.8 um인 형상을 취할 수 있다. 제2함입부 (130)의 직경이 0.2 um 미만이면 제2함입부 (130)로부터 액체 방향으로의 반발 특성을 나타내기 위한 공기의 흐름이 저해될 수 있고, 0.8 um 초과이면 액체 접촉 시 공기가 주변으로 확산되어 반발 특성이 저하될 수 있다.

[97] 복수의 제2함입부 (130)는 서로 1 내지 1.5 um의 간격, 예를 들어, 1 um, 1.1 um, 1.2 um. 1.3 um, 1.4 um 또는 1.5 um의 간격으로 이격되도록 배치될 수 있다.

[98] 박막 (100)의 소재는 유연성 고분자일 수 있다.

[99] 본 명세서 상의 용어 "유연성 고분자"는 고체상 (solid phase)에서도 휘어짐에 대한 내구성을 지녀, 임의의 방향으로부터 가해지는 압력 또는 외력에 의해 쉽게 파손 및 변형되지 않을 수 있는 소재의 고분자를 의미한다.

[100] 예를 들어, 유연성 고분자는 폴리비닐 알코올, 폴리우레탄, 폴리에테르-기반 폴리우레탄, 실레인-변형 폴리우레탄, 폴리실록산 및 이들의 혼합물로 이루어진 그룹에서 선택되는 어느 하나 이상을 포함하는 것일 수 있고, 폴리실록산은 예를 들어 폴리디메틸실록산인 것일 수 있지만, 이에 한정되는 것은 아니다.

[101] 또한, 박막의 사용 목적 또는 용도별로 요구되는 크기, 두께, 탄성, 가소성, 유연성, 성형성, 강성, 내구성 및 발수유성의 지속성 등에 따라, 전술한 바와 같이 예시되어진 유연성 고분자 이외의 생체적합성 고분자 소재, 열가소성 고분자 소재, 열경화성 고분자 소재도 박막 (100)의 소재가 될 수 있다.

[102] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 필러 어레이 몰드를 나타낸 것이다.

[103] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 필러 어레이 몰드 (200)는 기판 (210) 및 웨이퍼 (220)를 포함할 수 있다.

[104] 기판 (210) 상에는 박막 (100)을 제조하기 위한 몰드 (mold)가 배치될 수 있다. 기판 (210)은 유리, 금속, 세라믹, 비유연성 플라스틱 등의 비유연성 소재 또는 유연성 고분자, 유연성 플라스틱 등의 유연성 소재로 구성되는 유연성 기판 또는 비유연성 기판일 수 있다. 기판 (210)은 필러 어레이 몰드 (200)를 준비하기 위해 웨이퍼 (220)를 가공하는 물리화학적 공정에서 쉽게 변형되지 않는 소재로 구성될 수 있다.

[105] 웨이퍼 (220)는 기판 (210) 상에 배치되며, 가공 과정을 거쳐 필러 구조 (230)를 포함하는 형상을 취할 수 있다. 웨이퍼 (220)의 가공 과정은 당업계에서 일반적으로 사용되는 웨이퍼 가공 방법을 사용할 수 있으며, 예를 들어, 웨이퍼 상에 포토레지스트층을 형성하는 단계; 포토레지스트층 상에 포토 마스크를 정렬하는 단계; 포토 마스크 상부로부터 노광 및 현상하는 단계; 및 웨이퍼를 식각하는 단계를 거쳐 필러 구조 (230)를 포함하는 웨이퍼 (220)를 형성할 수 있다.

[106] 필러 구조 (230)는 하나의 윗면 (231)과 하나 이상의 옆면 (232)을 포함할 수 있다. 윗면 (231)의 형태는 옆면 (232)의 개수에 따라 결정될 수 있으며, 예를 들어 필러 구조의 옆면 (232)이 한 개인 경우 윗면 (231)의 형태는 원 형태일 수 있고, 옆면 (232)이 두 개인 경우 윗면 (231)의 형태는 반원 형태일 수 있고, 옆면 (232)이 네 개인 경우 윗면 (231)의 형태는 사각형 형태일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[107] 웨이퍼 (220) 상에 복수의 필러 구조 (230)가 포함되는 경우, 각 필러 구조 (231)는 서로 5 내지 15 um, 예를 들어, 5 um, 7.5um, 10 um, 12.5 um, 또는 15 um의 간격으로 이격되도록 배치될 수 있다. 이때, 각 필러 구조 (230)의 간격은 인접한 두 필러 구조 (230)의 각 윗면 (231)의 중심 간의 거리를 의미하는 것일 수 있다.

[108] 필러 구조의 윗면 (231)은 옆면 (232)과 소정의 각도를 형성할 수 있으며, 윗면 (231) 및 옆면 (232)이 이루는 소정의 각도는 도 1b에 도시된 제1함입부 (110)의 제1접촉면 (111) 및 바닥면 (113)이 이루는 소정의 각도 (θ)에 대응하는 것일 수 있다.

[109] 필러 구조 (230)의 높이는 10 내지 20 um, 예를 들어, 10 um, 12.5 um, 15 um, 17.5 um 또는 20 um 일 수 있다. 이때, 필러 구조 (230)의 높이는 웨이퍼 (220)의 표면 영역 중 필러 구조 (230)를 제외한 영역 내의 임의의 한 지점에서 필러 구조의 윗면 (231)을 포함하는 평면에 이르는 최단거리를 의미하는 것일 수 있다.

[110] 필러 구조의 윗면 (231), 옆면 (232) 및 웨이퍼 (220)의 표면 영역 중 필러 구조 (230)를 제외한 영역으로 이루어지는 그룹에서 선택되는 하나 이상에는 복수의 돌출부 (240)가 배치될 수 있으며, 예를 들어, 필러 구조의 윗면 (231), 옆면 (232) 및 웨이퍼 (220)의 표면 영역 중 필러 구조 (230)를 제외한 영역 모두에 복수의 돌출부 (240)가 배치될 수 있다.

[111] 돌출부 (240)는 임의의 형상을 취할 수 있으며, 예를 들어, 돌출부 (240)는 일부가 절단된 구 형상을 취할 수 있고, 구체적으로 돌출부는 비드일 수 있다. 돌출부 (240)가 일부가 절단된 구 형상을 취하는 경우, 절단된 단면의 직경은 0.2 내지 0.8 um, 예를 들어, 0.2 um, 0.3 um, 0.4 um, 0.5 um, 0.6 um, 0.7 um 또는 0.8 um일 수 있다.

[112] 웨이퍼 (220) 상에 배치되는 돌출부 (240)의 소재는 폴리스티렌 (polystyrene; PS), 실리카 (Silica, SiO2), 폴리메틸메타아크릴레이트 (Poly(methyl methacrylate); PMMA) 일 수 있다.

[113] 필러 어레이 몰드 (200)는 도 1a 및 도 1b에 따른 박막 (100)을 형성하는 주형이 될 수 있는 것으로, 하나 이상의 필러 구조 (230) 및 복수의 돌출부 (240)를 포함하는 필드 어레이 몰드 (200)에 발수유성 박막 형성용 소재를 주입하는 주입 단계; 를 통해 본 발명의 일 실시예에 따른 발수유성 박막 (100)을 얻을 수 있다.

[114] 이때, 필러 어레이 몰드 (200)를 통한 박막 (100)의 형성 시, 주입된 발수유성 박막 형성용 소재를 경화시키는 경화 단계;를 더 포함하여 박막 (100)을 형성할 수 있고, 발수유성 박막 형성용 소재가 경화된 후, 필러 어레이 몰드 (200)를 제거하는 제거 단계;를 추가로 포함하여 박막 (100)을 형성할 수 있다.

[115] 필러 어레이 몰드 (200)에 주입되는 발수유성 박막 형성용 소재는 유연성 고분자일 수 있으며, 예를 들어, 유연성 고분자는 폴리비닐 알코올, 폴리우레탄, 폴리에테르-기반 폴리우레탄, 실레인-변형 폴리우레탄, 폴리실록산 및 이들의 혼합물로 이루어진 그룹에서 선택되는 어느 하나 이상을 포함하는 것일 수 있고, 폴리실록산은 예를 들어 폴리디메틸실록산인 것일 수 있지만, 이에 한정되는 것은 아니다.

[116] 또한, 발수유성 박막의 사용 목적 또는 용도별로 요구되는 크기, 두께, 탄성, 가소성, 유연성, 성형성, 강성, 내구성 및 발수유성의 지속성 등에 따라, 전술한 바와 같이 예시되어진 유연성 고분자 이외의 생체적합성 고분자 소재, 열가소성 고분자 소재, 열경화성 고분자 소재도 발수유성 박막 형성용 소재가 될 수 있다.

[117]

[118] 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 발수유성 도관의 사시도이고, 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른 발수유성 도관의 단면도이다.

[119] 도 3a 및 3b를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 발수유성 도관 (300)은 지지체 (310) 및 지지체 (310) 내측에 배치되는 발수유성 박막 (100)을 포함할 수 있다.

[120] 지지체 (310)의 내측면 및 외측면은 전체적으로 파이프 형상을 구성할 수 있는 임의의 형상을 취할 수 있고, 내측면 및 외측면의 형상은 서로 같거나 다를 수 있다.

[121] 지지체 (310)의 내측면 및 외측면 모두 원통 형상인 경우, 지지체 (310)의 직경은 내주의 직경이 0.1 내지 2.0 cm, 두께가 0.3 내지 0.5 cm일 수 있으며, 예를 들어, 지지체 (310)의 직경은 내주의 직경이 0.6 cm이고, 외주의 직경이 1 cm인 것으로서 두께가 0.4 cm인 것일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[122] 지지체 (310)의 소재는 지지체의 내측에 배치되는 박막 (100)의 소재와 같거나 다를 수 있고, 예를 들어, 지지체 (310)의 소재와 박막 (100)의 소재가 같을 수 있다.

[123] 지지체 (310)의 소재는 유연성 고분자일 수 있으며, 예를 들어, 유연성 고분자는 폴리비닐 알코올, 폴리우레탄, 폴리에테르-기반 폴리우레탄, 실레인-변형 폴리우레탄, 폴리실록산 및 이들의 혼합물로 이루어진 그룹에서 선택되는 어느 하나 이상을 포함하는 것일 수 있고, 폴리실록산은 예를 들어 폴리디메틸실록산인 것일 수 있지만, 이에 한정되는 것은 아니다.

[124] 또한, 도관의 사용 목적 또는 용도별로 요구되는 크기, 두께, 탄성, 가소성, 유연성, 성형성, 강성 및 내구성 등에 따라, 전술한 바와 같이 예시되어진 유연성 고분자 이외의 생체적합성 고분자 소재, 열가소성 고분자 소재, 열경화성 고분자 소재도 도관 (300)의 소재가 될 수 있다.

[125] 지지체 (310)의 내측에 배치되는 박막 (100)은 박막의 제2접촉면 (120)이 도관 (300)의 중심부를 향하도록 배치될 수 있다.

[126]

[127] 이하, 본 발명을 하기의 예시에 의하여 더욱 상세히 설명한다. 그러나 이들 예시는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐이며, 본 발명의 범위가 이들 예시에 의하여 한정되는 것은 아니다.

[128]

[129] **실시예 1: 발수유성 박막 및 발수유성 도관의 제조**

[130] **1-1. 이중 재진입 구조 기반 발수유성 박막의 제조**

[131] 다음의 단계를 거쳐 이중 재진입 구조 기반의 발수유성 도관을 제조하였다.

[132] 먼저, 1차 함입부를 제작하기 위해 포토리소그래피를 기반으로 하여 양각/음각의 1차 함입부 틀 (마이크로 필러 어레이 몰드)을 제작하였다. 제작된 1차 함입부 틀에 폴리스티렌 나노 구를 Langmuir-bloddget 방식을 이용하여 틀 표면에 배치시켰다. 플라즈마 공법을 이용하여 나노 구의 크기를 적정한 크기 (500-800nm)로 식각하여 2차 함입부 (나노 동공형태)를 제작 가능하도록 하였다. 마지막으로, 제작된 최종 이중 재진입 구조 틀에 폴리머를 부어 굳히고, 틀을 제거하여 이중 재진입 구조 기반 발수유성 박막을 제조하였다.

[133]

[134] **1-2. 이중 재진입 구조 기반 발수유성 도관의 제조**

[135] 다음의 단계를 거쳐 이중 재진입 구조 기반의 발수유성 도관을 제조하였다.

[136] 우선, 폴리머 재질의 튜브 겉면에 이중 재진입 구조 기반 발수유성 박막을 이중 재진입 구조가 존재하는 표면이 튜브 겉면에 부착되도록 튜브 표면에 감아주었다. 감아진 영역의 틈에 이중 재진입 구조 기반 발수유성 박막과 동일한 소재의 폴리머를 발라 고정시켰다. 박막이 감긴 튜브밖으로 보다 넓은 튜브를 위치시키고 그사이에 앞서 사용한 동일한 소재의 폴리머를 부어 굳혔다. 마지막으로, 완전히 굳어진 후, 외-내부의 틀을 제거하였다.

[137]

[138] **실시예 2: 박막의 구조 및 형태에 따른 발수유성 확인**

[139] **2-1. 물 및 미네랄 오일 접촉각 측정**

[140] 실시예 1에서 제조한 이중 재진입 구조 기반 발수유성 박막 및 도관 내측면의 발수유성 정도를 확인하기 위해, 비교예 1의 도관과 비교하여 물 및 미네랄 오일의 접촉각을 비교하였다.

[141] 구체적으로, 실시예 1의 도관과 동일한 소재로, 매끄러운 내측 표면을 지닌 비교예 1의 도관을 제작하였다. 이후, 각각의 도관 내측면에 물 (표면장력: 72 mN/m) 및 미네랄 오일 (표면장력: 28 mN/m)을 적하한 뒤 접촉각을 측정하였고, 그 결과를 도 7에 나타내었다.

[142] 실험 결과, 단순 표면 구조를 지닌 비교예 1의 도관 내측면은 물방울에 대해서는 100도의 접촉각을, 미네랄 오일에 대해서는 58도의 접촉각을 가지지만, 이중 재진입 구조 기반의 표면 구조를 지닌 도관은 도관 내측면은 물방울에 대해서는 140도의 접촉각, 미네랄 오일에 대해서는 132도의 접촉각을 가져, 우수한 발수유성을 가질 수 있는 것으로 나타났다.

[143]

[144] **2-2. 공기 갇힘 시뮬레이션**

[145] 시뮬레이션을 위한 간소화를 제외하면 실시예 1의 실제구조와 유사한 형태를 가지고 있도록 실시예 2의 모델링을 진행하고, 비교예 1의 실제구조와 유사한 형태를 가지고 있도록 비교예 2의 모델링을 진행하였다.

[146] 본 발명에서 활용된 시뮬레이션은 COMSOL을 이용하여 진행되었으며, Two-phase flow를 활용하고, 2D rotational coordinate를 이용하여 모델링의 간소화를 진행하였다.

[147] 시뮬레이션의 초기 상태는 액체가 표면에 충돌하기 직전의 상황을 가정하였고, 액적의 bouncing에 의한 과도한 시간소모를 줄이기 위해 1 um 떨어진 영역에서 낙하는 상황을 가정하였으며. 이를 나비에-스토크스 방정식을 이용하여 시간-의존적 영역에서 0 us - 1000 us 까지의 시간을 통해 관측하였고, 그 결과를 도 8에 나타내었다.

[148] 시뮬레이션 결과, 매끄러운 표면을 포함하는 비교예 2에 비해, 표면에 이중 재진입 구조를 갖는 실시예 2의 발수유성 박막이 박막 표면에 공기를 효과적으로 가두어 두는 것을 확인할 수 있었다.

[149] 또한, 실시예 2-1에 따른 실제 접촉 실험 및 실시예 2-2에 따른 시뮬레이션의 결과에서, 물 및 미네랄 오일에 대한 접촉각의 형태가 동일함을 보여주어, 실제 공기 갇힘 현상 (Air-trapping effect)이 발생함을 확인할 수 있었다.

[150]

[151] **2-3. 5종 액체에 대한 접촉각 측정**

[152] 실시예 1의 박막과 동일한 소재로, 표면에 나노미터 크기의 단일 재진입 구조를 갖는 비교예 3의 박막을 제조하고, 실시예 1의 박막과 동일한 소재로, 표면에 마이크로미터 크기의 단일 재진입 구조를 갖는 비교예 4의 박막을 제조하였다.

[153] 그 후, 5종의 액체 (물, 글리세롤, 에틸렌 글리콜, 올리브 오일, 미네랄 오일)를 비교예 1, 비교예 3, 비교예 4 및 실시예 1에 따른 박막의 표면에 파이펫을 이용하여 5ul씩 표면에 분출하였다.

[154] 각 실험별로 접촉각을 측정하여 Cassie-Baxter 모델 및 Wenzel 모델에 따른 젖음성 상태를 확인하고, 그 결과를 도 9 및 표 1에 나타내었다.

[155] [표1]

접촉각 (°)		물	글리세롤	에틸렌 글리콜	올리브 오일	미네랄 오일
비교예 1	Cassie-Baxter Angle	100	95	72	62	53
	Wenzsel Angle	100	95	72	62	53
	Experimented Angle	100	95	72	62	53
비교예 3	Cassie-Baxter Angle	167.83	167.20	164.86	163.74	163.17
	Wenzsel Angle	102.79	95.10	69.42	53.23	39.88
	Experimented Angle	144	139	72	50	38
비교예 4	Cassie-Baxter Angle	142.51	140.12	132.93	129.24	127.09
	Wenzsel Angle	110.32	98.02	56.55	20.13	-
	Experimented Angle	146	137	52	37	20
실시예 1	Cassie-Baxter Angle	147.82	145.80	139.72	136.63	134.82
	Wenzsel Angle	180	117.53	-	-	-

	Experimented Angle	142	140	133	131	128

[156] 도 9에서, 가로축은 부드러운 면에 대한 접촉각 (contact angle on smooth surface)을 나타내고, 세로축은 거친 면에 대한 접촉각 (contact angle on rough surface)을 나타낸다. 아울러, 노란색 선은 Cassie-Baxter 모델, 하늘색 선은 Wenzel 모델을 나타내며, 각각의 모델은 젖음성 상태 모델 (Wetting state model)을 의미한다. 두 모델 사이의 차이는 동일 소재의 부드러운 면에 대한 접촉각이 90도 이상인 높은 표면장력(surface tension)을 가진 액체의 경우는 Cassie-Baxter 모델을 따르며, 접촉각이 90도 이하인 낮은 표면장력을 가진 액체의 경우는 Wenzel 모델을 따른 다는 차이점을 가진다.

[157] 실험 결과, 낮은 표면장력을 갖는 에틸렌 글리콜, 올리브 오일 및 미네랄 오일에 대해서는 Wenzel 모델을 따라 낮은 접촉각을 형성하게 되는 비교예 3 및 비교예 4의 박막과 달리, 실시예 1에 따른 이중 재진입 구조 기반 발수유성 박막은 5종의 액체 모두에 대해 Cassie-Baxter 모델을 따라 높은 접촉각을 형성한다는 것을 확인하여, 본 발명에 따른 이중 재진입 구조 기반의 발수유성 박막은 발수성 및 발유성이 모두 뛰어난 것으로 판단되었다.

[158]

[159] **실시예 3: 혈액의 반발 특성 확인**

[160] **3-1. 도관 내측면에 적하된 혈액의 형태 관찰**

[161] 도관 내측면을 이루는 박막의 구조 및 형태에 따른 혈액의 반발 특성을 확인하기 위해, 비교예 1 및 실시예 1에서 제조한 이중 재진입 구조 기반 발수유성 도관의 내측면에 토끼 혈액을 적하한 후, 혈액이 유지되는 형태를 관찰하여, 그 결과를 도 10a에 나타내었다.

[162] 실험 결과, 이중 재진입 구조 기반 발수유성 도관 내측면에 적하된 토끼 혈액은 비교예 1에 따른 도관 내측면에 적하된 경우에 비하여 구형에 더욱 가까운 형태를 유지하여, 본 발명의 발수유성 박막은 혈액에 대해서도 높은 접촉각을 가질 수 있음을 확인하였다.

[163]

[164] **3-2. 경사면에 대한 혈액 자취 실험**

[165] 도관 내측면을 이루는 박막의 구조 및 형태에 따른 혈액의 반발 특성을 확인하기 위해, 비교예 1 및 실시예 1에서 제조한 이중 재진입 구조 기반 발수유성 도관을 45도의 기울기로 배치한 후, 50 uL의 토끼 혈액을 도관 내측면에 낙하시키고 혈액 궤적이 남는지 여부를 관찰하여, 그 결과를 도 10b에 나타내었다.

[166] 실험 결과, 비교예 1에 따른 도관 내측면에 적하된 토끼 혈액은 표면에 긴 혈액 자취를 남기며 도관 내측면 낙하에 5초 이상 소요되었다. 그러나, 이중 재진입 구조 기반 도관 내측면에 적하된 토끼 혈액은 표면에 혈액 자취를 남기지 않으며,

0.3초 내외로 도관 내측면 낙하가 완료되어, 본 발명의 발수유성 박막은 혈액에 대해서 우수한 발수유성을 지님을 확인하였다.

[167]

[168] **실시예 4. 발수유성 도관을 통한 혈액 교환 동물 실험**

[169] 실험을 위한 동물 모델의 경우 토끼 (3,531 g ~ 4,281 g)를 활용하였다.

[170] 토끼에 자일라진 주사제와 케타민 염산염을 근육 주사하여 마취하고, 기도 삽관 후 인공 호흡기로 호흡을 유지시켰다. 이후, 혈압 안정성을 유지하기 위해 lactated ringer's의 IV 수액을 10 mL/kg/h로 제공하였다.

[171] 혈압 모니터링을 위해서 16게이지 IV 혈관 카테터를 토끼의 오른쪽 경동맥에 삽입하고 18 게이지 혈관 카테터를 토끼의 왼쪽 경정맥에 삽입한 후, 실험예 1에 따라 제작된 발수유성 도관 및 비교예 1에 따른 도관으로 카테터를 연결하였다. 이후, 왼쪽 경정맥에 삽입된 카테터에 추가적인 캐뉼러를 삽입하여 1시간에 1번씩 10 mL의 혈액을 채취하였다. 4시간가량 혈액 순환을 진행한 후, 각 도관을 분리하여 도관 내면의 혈액 응고 특성을 관찰하였다. 실험예 1 및 비교예 1에 따른 도관의 혈액 응고 정도를 관찰하여 도 11a 및 도 11b에 나타내었고, 각 도관 내측면에 혈전 생성 및 부착으로 인해 발생한 혈병을 거름망으로 걸러낸 결과를 도 11c에 나타내었다.

[172] 관찰 결과, 실시예 1에 따른 발수유성 도관은 비교예 1의 도관과 달리, 도관 내측면에 혈전이 거의 부착되지 않았으며 거름망으로 걸러진 혈병 역시 거의 관측되지 않아, 본 발명에 따른 발수유성 도관을 통한 혈액 순환 시 혈액 응고가 최소화됨을 확인할 수 있었다.

[173]

[174] **실시예 5. 정량평가**

[175] 통상적인 수술 환경에서 사용되는 헤파린 코팅 도관을 비교예 5의 도관으로 준비한 후, 혈류 속도를 측정하기 위해 비교예 1, 비교예 5 및 실시예 1에 따른 도관 위로 유량계를 연결하여 실시간으로 혈류 데이터를 확보하고, 그 결과를 도 12a에 나타내었다.

[176] 각 도관별 토끼 혈액에 대한 혈액 응고 특성의 정량적 평가에 있어, 1시간, 2시간 또는 4시간 혈액 순환에 따라 비교예 1, 비교예 5 및 실시예 1에 따른 도관 내벽에 부착된 혈전의 단위 면적당 질량을 측정하고, 그 결과를 도 12b 및 표 2에 나타내었다.

[177] [표2]

	비교예 1		비교예 5		실시예 1	
도관 내측면 부착 혈전량 (mg/cm^2)	1시간	2시간	2시간	4시간	2시간	4시간
	65.9410	68.8414	1.1642	2.4168	1.5982	3.0883

[178] 또한, 토끼 혈액에 대한 정량 분석에 있어, 지멘스사의 EPOC 혈액분석 시스템을 통하여 토끼 혈액에 대한 정량적인 분석을 수행하였으며, 혈액응고와 연관 있는 혈액 내 혈소판 잔여량에 대하여 분석을 진행하였다. 비교예 1, 비교예 5 및 실시예 1에 따른 도관별로 실험 전, 도관 연결 직후, 및 혈액 순환 1 내지 4시간 경과 시 토끼 혈액 중 혈소판 잔존량의 절대값 및 상대값을 측정하고, 이를 도 12c, 도 12d 및 표 3, 표 4에 나타내었다.

[179] [표3]

절대 혈소판 잔존량 (10^3/uL)	실험 전	도관연결 직후	1시간 후	2시간 후	3시간 후	4시간 후
비교예 1	252	216	175	159	151	131
비교예 5	295	253	246	238	230	222
실시예 1	317	273	263	257	246	234

[180] [표4]

상대적 혈소판 잔존량	실험 전	도관연결 직후	1시간 후	2시간 후	3시간 후	4시간 후
비교예 1	1	0.8920	0.7530	0.7100	0.7000	0.6300
비교예 5	1	0.8870	0.8900	0.8910	0.8870	0.8840
실시예 1	1	0.8930	0.8910	0.9000	0.8920	0.8800

[181] 토끼 혈액에 대한 정량 분석 결과, 표면에 이중 재진입 구조를 가진 실시예 1의 발수유성 도관은 비교예 5의 헤파린 코팅 도관과 혈전 생성 억제 및 혈소판 잔존에 있어 비슷하거나 더 우수한 효과를 가지는 것으로 나타나, 본 발명에 따른 발수유성 도관이 현재 널리 사용되는 혈액응고물질 코팅 도관을 충분히 대체할 수 있음이 시사되었다.

산업상 이용가능성

[182] 본 발명은 구조적 특성에 기반한 발수유성 박막 및 도관, 및 이의 제법에 관한 것으로, 구체적으로 본 발명의 구조적 특성은 이중 재진입 구조인 것이고, 본 발명에 따른 이중 재진입 구조를 가지는 박막 및 도관은 높은 발수유성을 보인다.

청구범위

[청구항 1] 박막의 표면으로부터 박막 내측 방향으로 배치되고, 측면에 하나 이상의 제1접촉면을 포함하고, 함입구 및 바닥면을 포함하는 하나 이상의 제1함입부;
상기 제1함입부가 배치되지 않은 박막의 표면에 배치되는 제2접촉면; 및
상기 제1접촉면, 상기 제2접촉면 및 상기 제1함입부의 바닥면으로 이루어지는 그룹에서 선택되는 하나 이상에 배치되는 복수의 제2함입부;
를 포함하는, 발수유성 박막.

[청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 박막의 소재는 유연성 고분자인 것인, 발수유성 박막.

[청구항 3] 제2항에 있어서, 상기 유연성 고분자는 유연성 고분자는 폴리우레탄, 폴리에테르-기반 폴리우레탄, 실레인-변형 폴리우레탄, 폴리실록산 및 이들의 혼합물로 이루어진 그룹에서 선택되는 어느 하나 이상을 포함하는 것인, 발수유성 박막.

[청구항 4] 제3항에 있어서, 상기 폴리실록산은 폴리디메틸실록산 (polydimethylsiloxane; PDMS)인 것인, 발수유성 박막.

[청구항 5] 제1항에 있어서, 상기 박막은 상기 제1함입부를 둘 이상 포함하고,
상기 제1함입부는 서로 5 내지 15 um의 간격으로 이격되도록 배치되는 것인, 발수유성 박막.

[청구항 6] 제1항에 있어서, 상기 제1함입부는 상기 제1접촉면을 복수로 포함하는 것인, 발수유성 박막.

[청구항 7] 제1항에 있어서, 상기 제1접촉면은 소정의 각도로 경사지게 배치되는 것인, 발수유성 박막.

[청구항 8] 제1항에 있어서, 제2함입부는, 상기 제1접촉면, 상기 제2접촉면 및 상기 제1함입부의 바닥면에 배치되는 것인, 발수유성 박막.

[청구항 9] 하나 이상의 필러 구조를 포함하고, 표면에 복수의 돌출부가 배치된 필러 어레이 몰드를 준비하는 준비 단계; 및
상기 필러 어레이 몰드에 발수유성 박막 형성용 소재를 주입하는 주입 단계;
를 포함하는, 발수유성 박막 제조 방법.

[청구항 10] 제9항에 있어서, 상기 방법은,
상기 필러 어레이 몰드에 주입된 발수유성 박막 형성용 소재를 경화시키는 경화 단계;
를 더 포함하는 것인, 발수유성 박막 제조 방법.

[청구항 11] 제10 항에 있어서, 상기 방법은,
상기 발수유성 박막 형성용 소재가 경화된 후, 상기 필러 어레이 몰드를 제거하는 제거 단계;

를 더 포함하는 것인, 발수유성 박막 제조 방법.

[청구항 12] 지지체; 및

상기 지지체의 내측에 배치된 발수유성 박막;

을 포함하고, 상기 발수유성 박막은:

박막의 표면으로부터 박막 내측 방향으로 배치되고, 측면에 하나 이상의 제1접촉면을 포함하고, 함입구 및 바닥면을 포함하는 하나 이상의 제1함입부;

상기 제1함입부가 배치되지 않은 박막의 표면에 배치되는 제2접촉면; 및

상기 제1접촉면, 상기 제2접촉면 및 상기 제1함입부의 바닥면으로 이루어지는 그룹에서 선택되는 하나 이상에 배치되는 복수의 제2함입부;

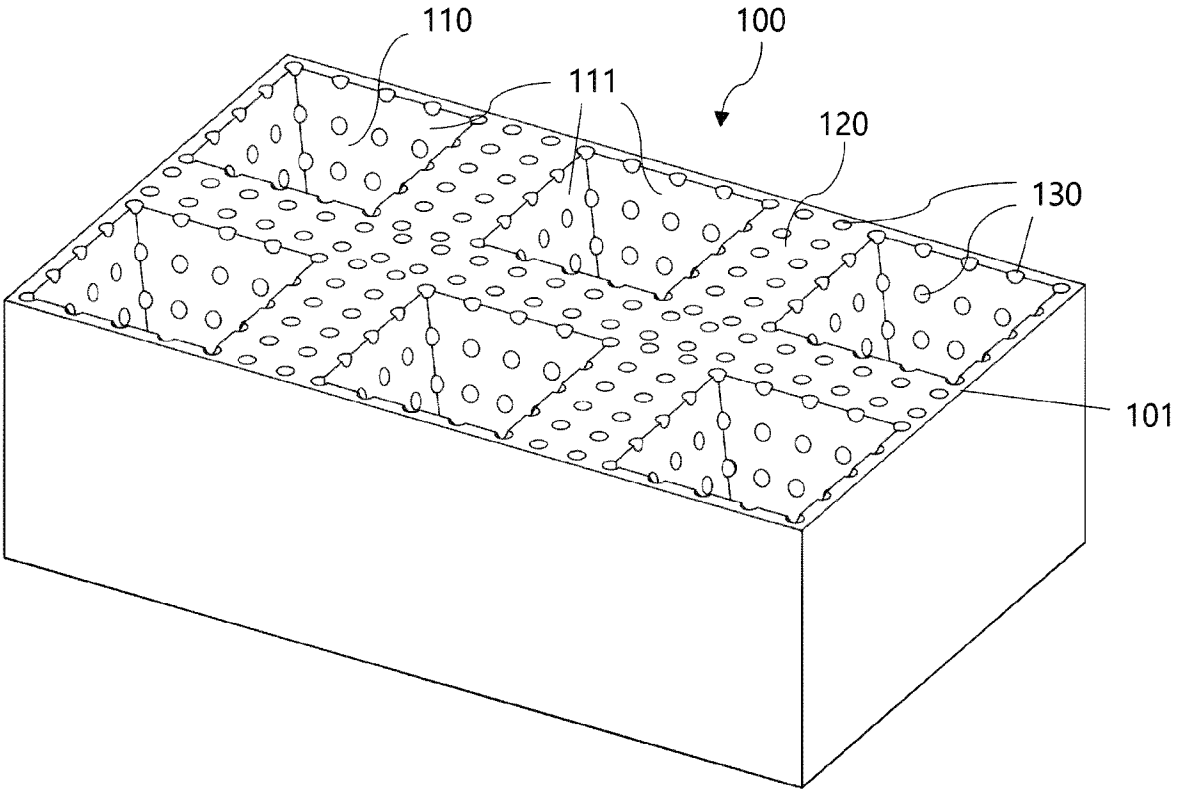
를 포함하는 것인, 발수유성 도관.

[청구항 13] 제12항에 있어서, 상기 발수유성 박막은 제2접촉면이 상기 도관의 중심부를 향하도록 상기 지지체의 내측에 배치되는 것인, 발수유성 도관.

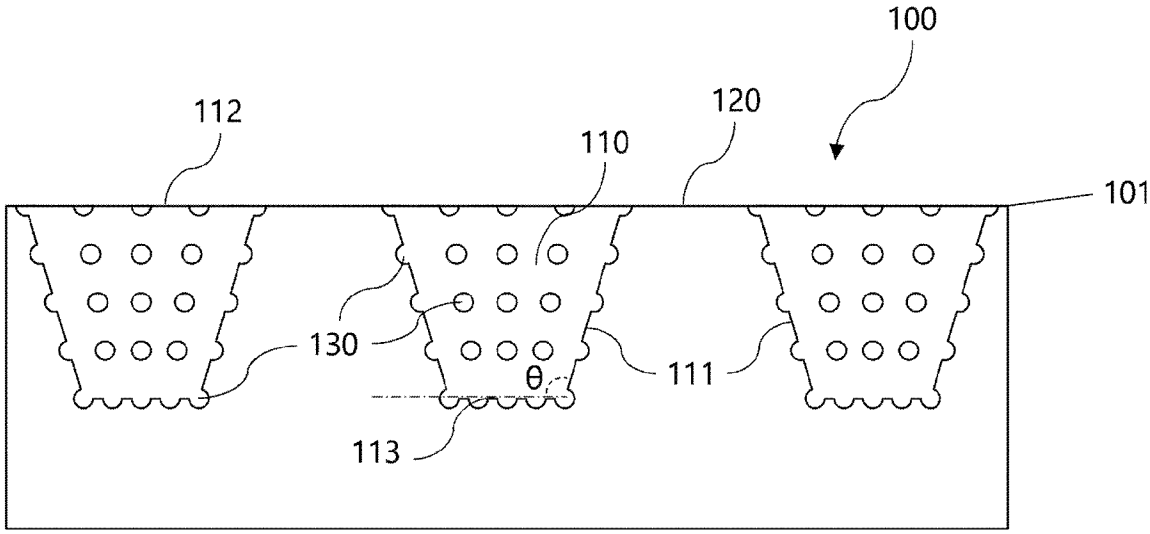
[청구항 14] 제12항에 있어서, 상기 지지체는 원통 형상이고,

상기 지지체의 직경은 내주의 직경이 0.6 cm이고, 외주의 직경이 1 cm 것인, 발수유성 도관.

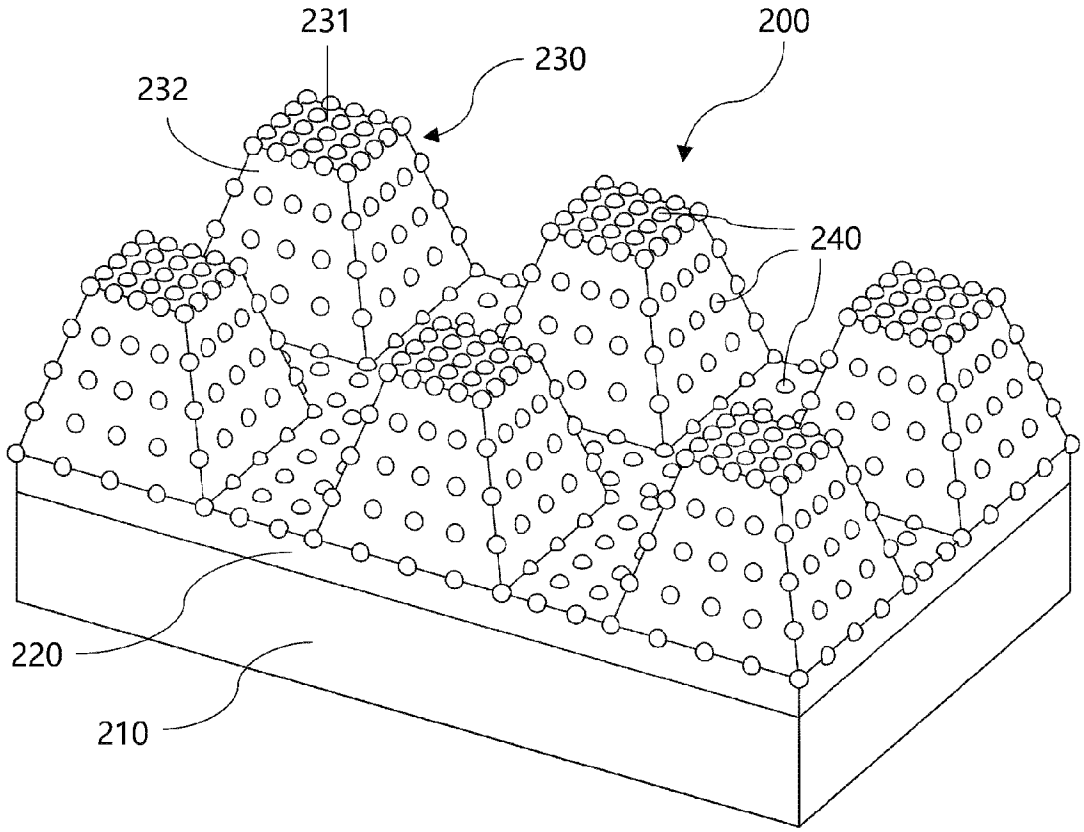
[도1a]



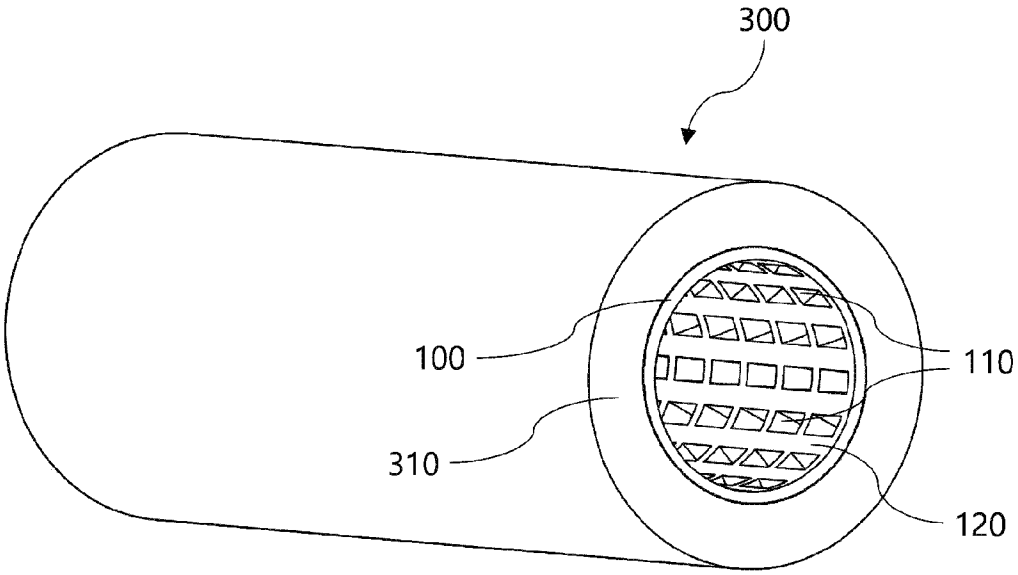
[도1b]



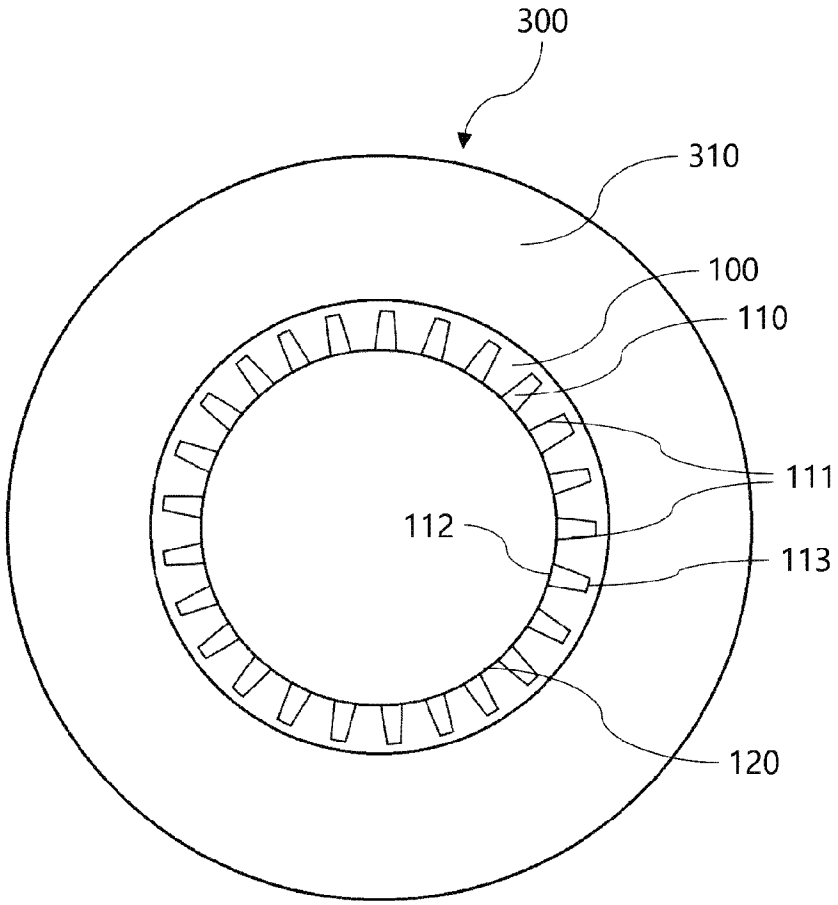
[도2]



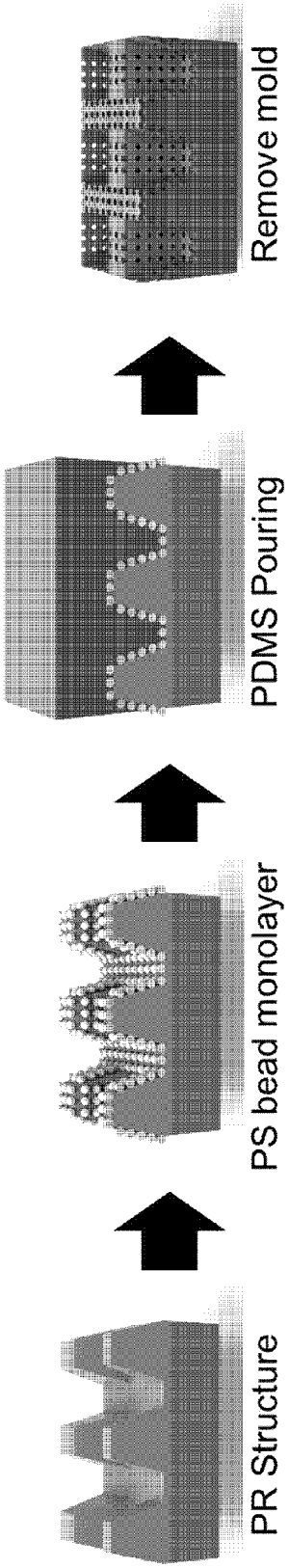
[도3a]



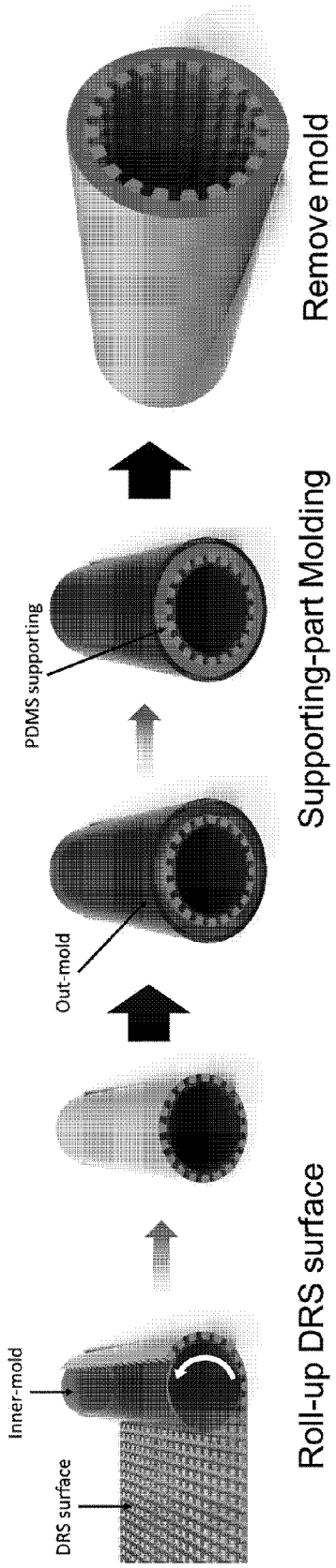
[도3b]



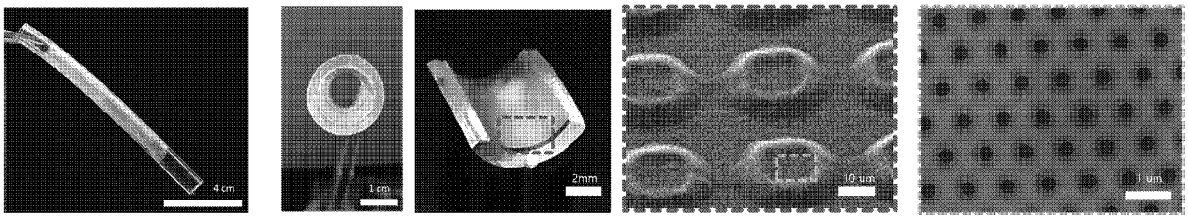
[도4]



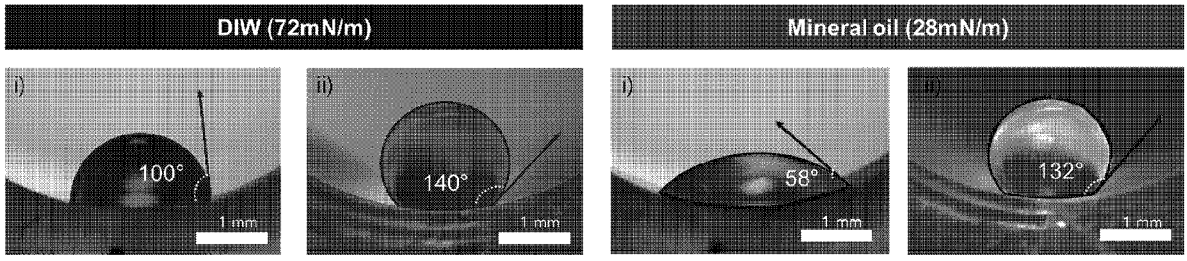
[도5]


Remove mold
Supporting-part Molding
PDMS supporting
Out-mold
Roll-up DRS surface
Inner-mold
DRS surface

[도6]

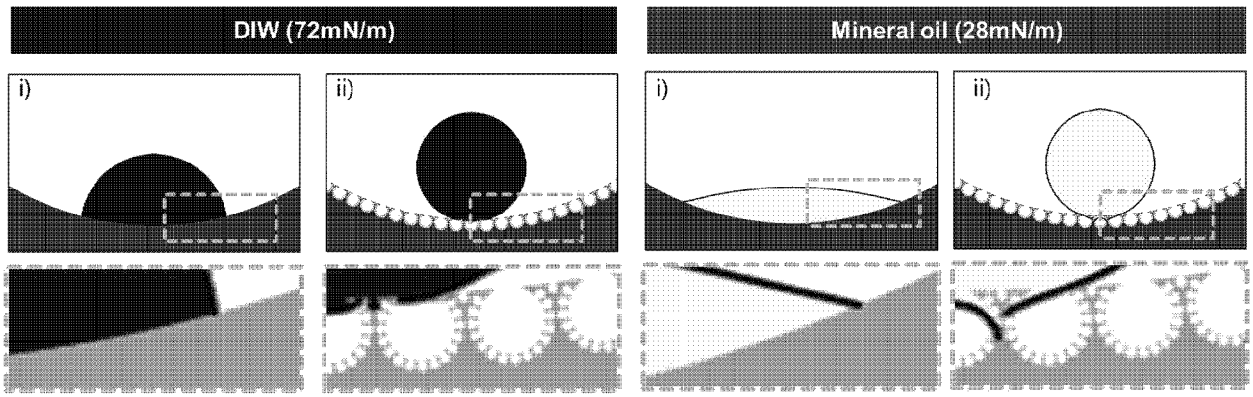


[도7]



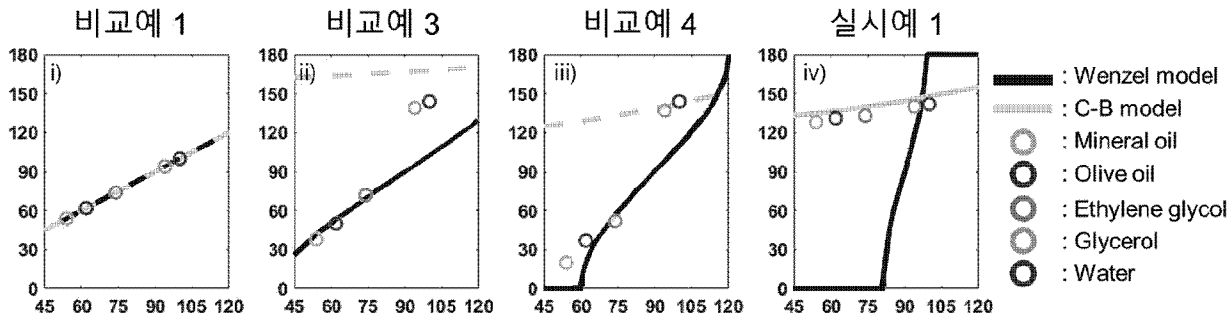
비교예 1 실시예 1 비교예 1 실시예 1

[도8]

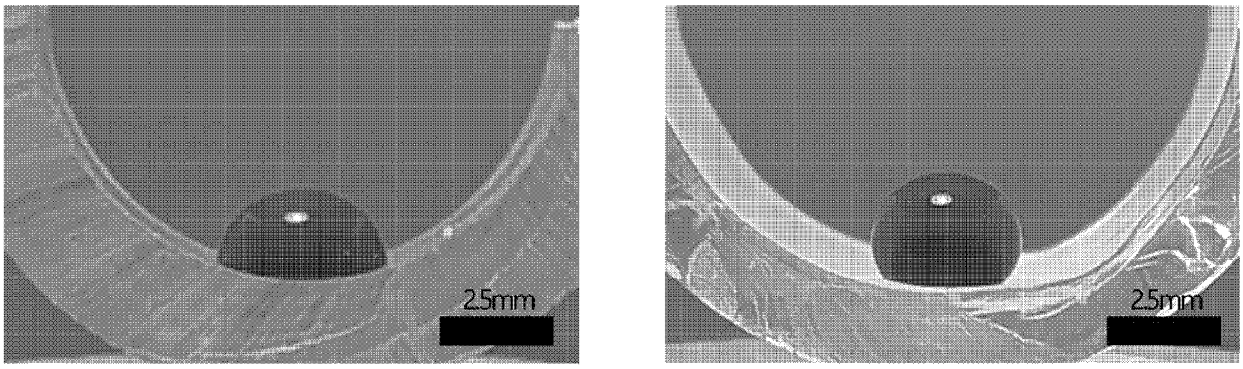


비교예 2 실시예 2 비교예 2 실시예 2

[도9]

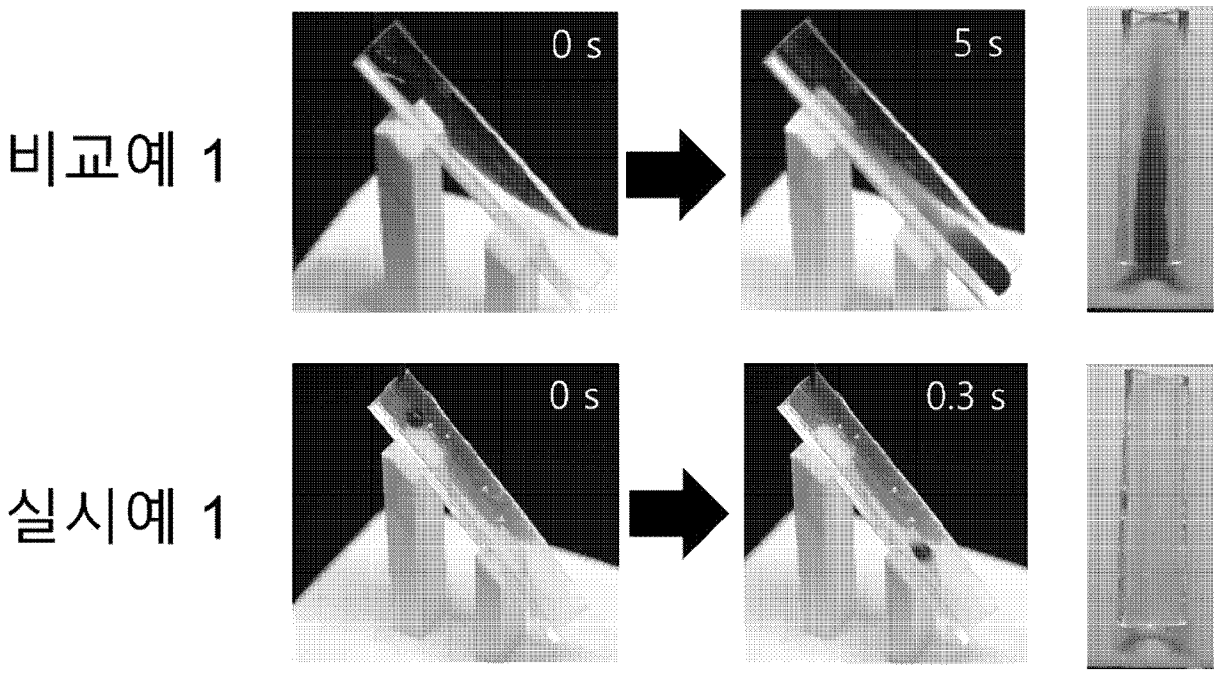


[도10a]

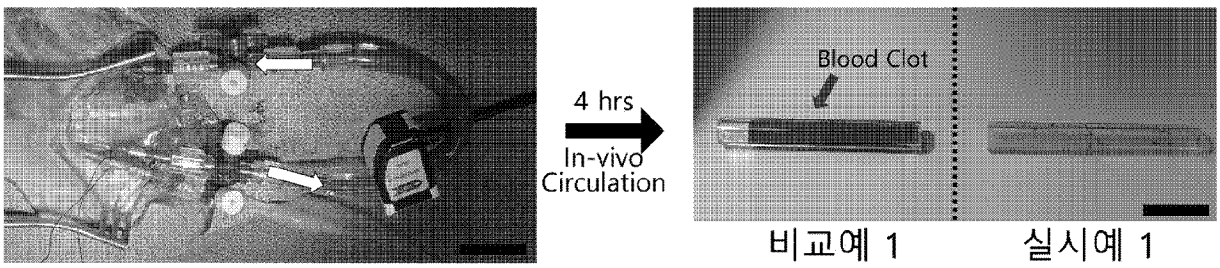


비교예 1 실시예 1

[도10b]

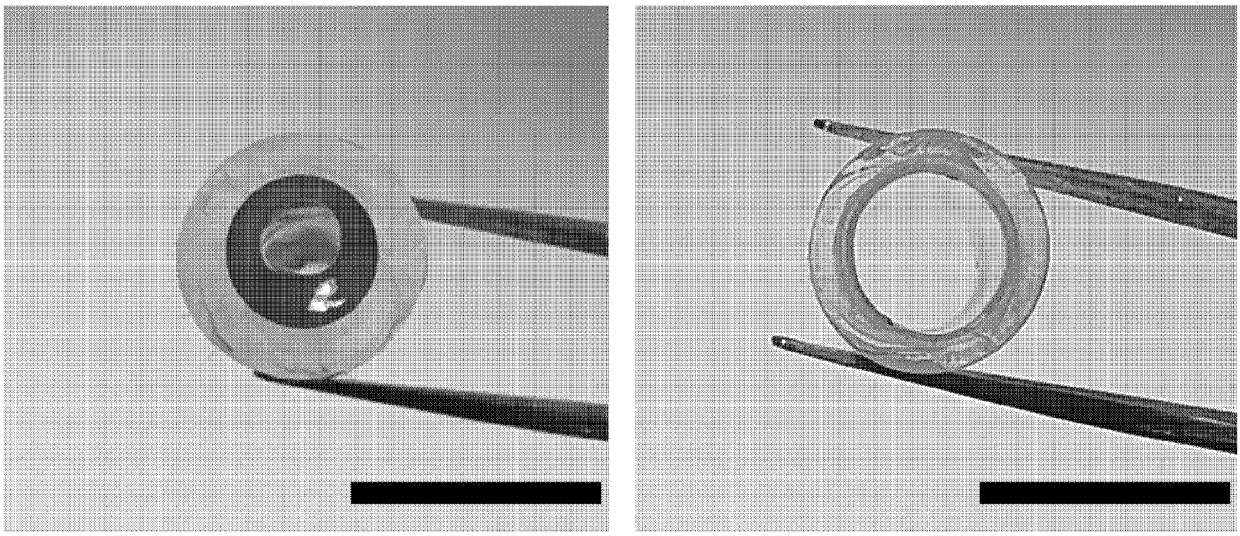


[도11a]



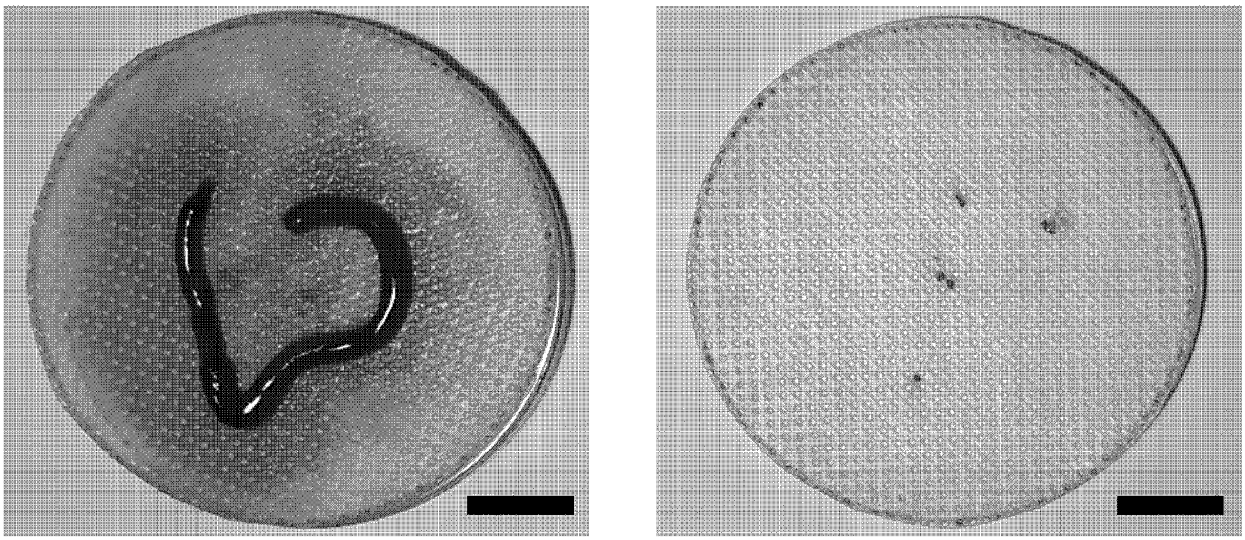
비교예 1 실시예 1

[도11b]



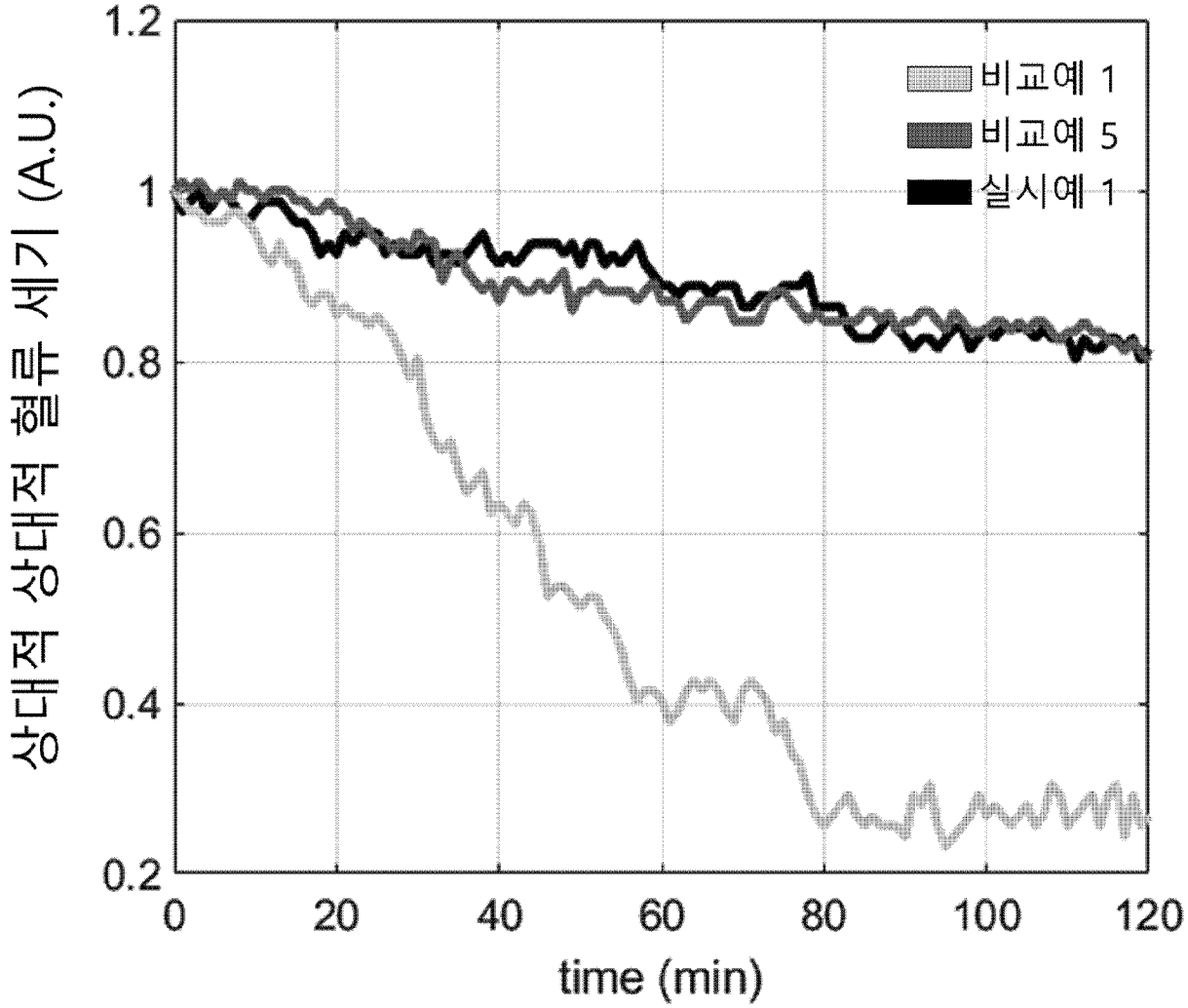
비교예 1 실시예 1

[도11c]

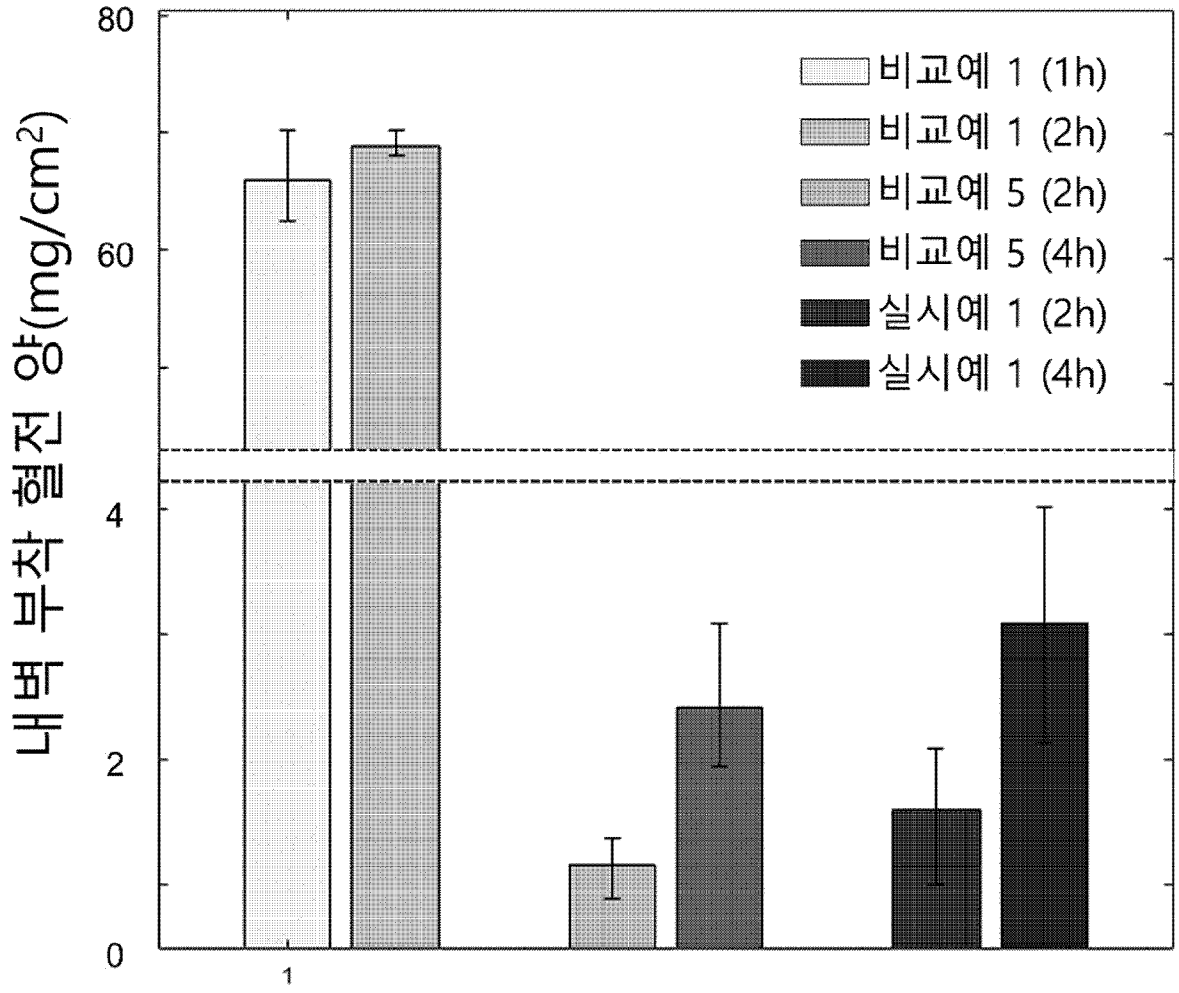


비교예 1 실시예 1

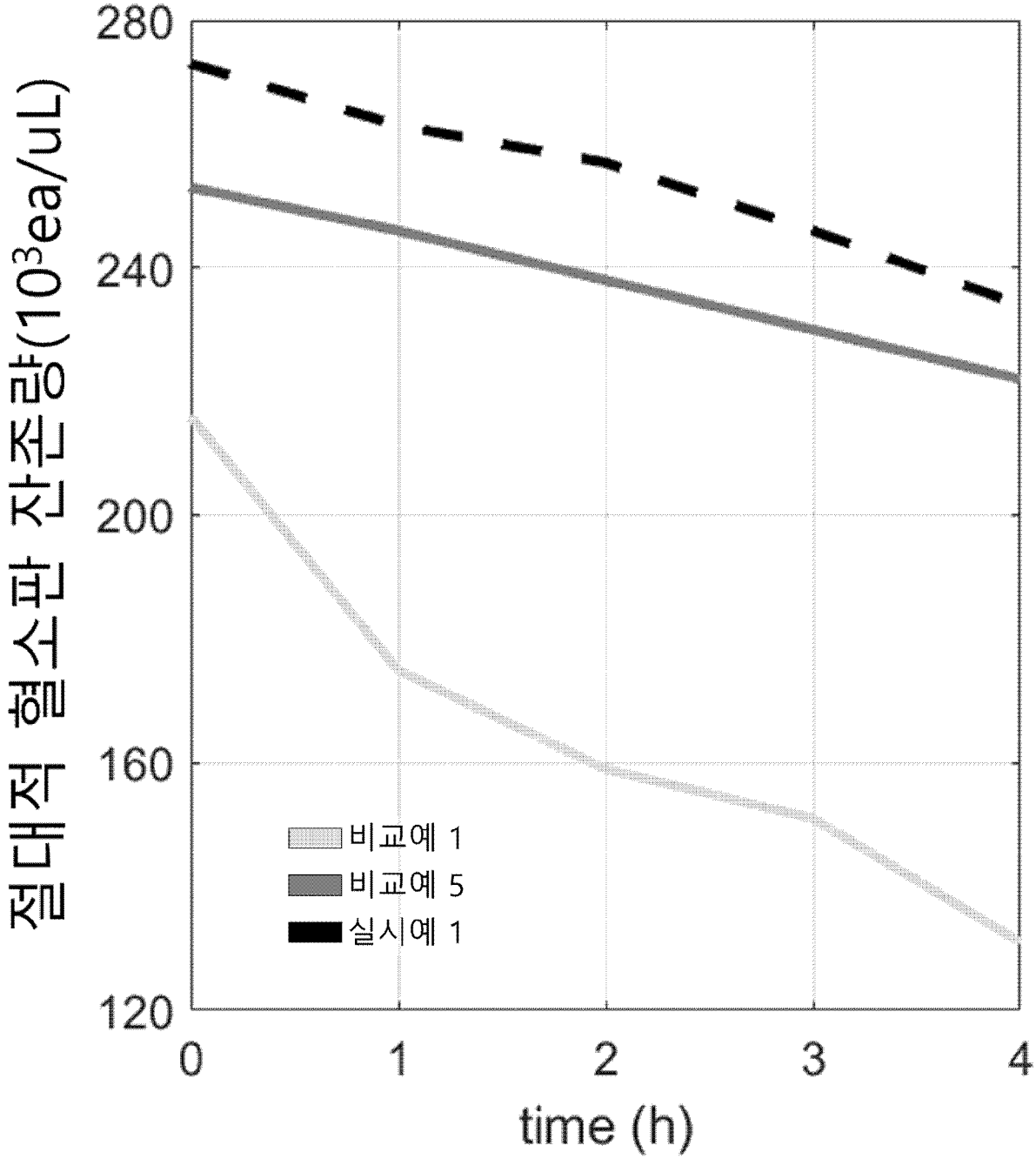
[도12a]


1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
20
40
60
80
100
120
time (min)
상대적 상대적 혈류 세기 (A.U.)
비교예 1
비교예 5
실시예 1

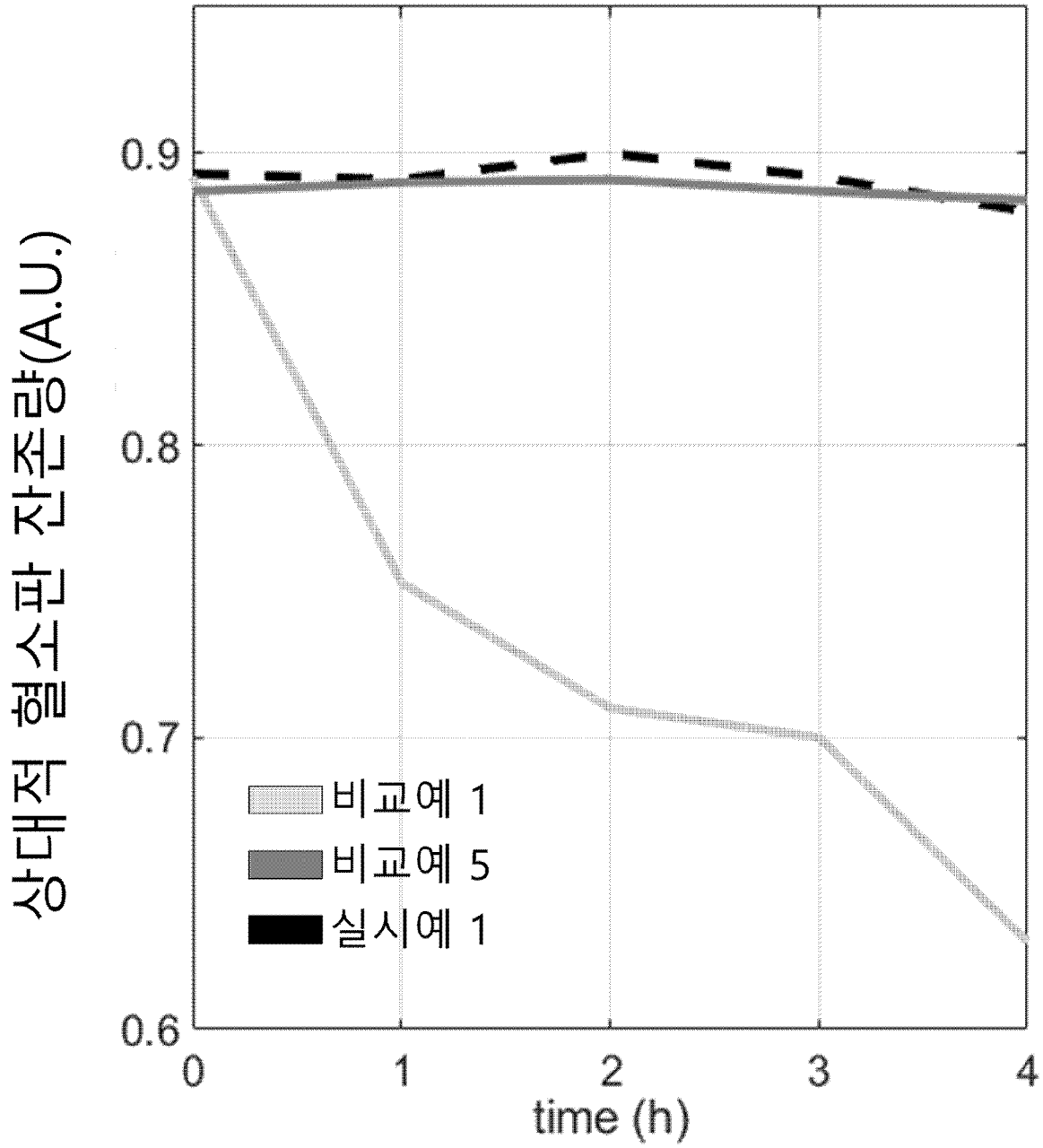
[도12b]


내벽 부착 혈전 양(mg/cm²)
80
60
4
2
0
1
비교예 1 (1h)
비교예 1 (2h)
비교예 5 (2h)
비교예 5 (4h)
실시예 1 (2h)
실시예 1 (4h)

[도12c]


280
240
200
160
120
0
1
2
3
4
time (h)
절대적 혈소판 잔존량(10³ea/uL)
비교예 1
비교예 5
실시예 1

[도12d]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2023/019075

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B32B 3/28(2006.01)i; **B32B 3/30**(2006.01)i; **B32B 1/08**(2006.01)i; **A61L 29/08**(2006.01)i; **A61L 29/14**(2006.01)i; **B29C 33/42**(2006.01)i; **B81C 99/00**(2010.01)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)

B32B 3/28(2006.01); B05D 1/18(2006.01); B05D 3/12(2006.01); B05D 5/08(2006.01); B23K 26/36(2006.01); B32B 27/28(2006.01); B32B 3/20(2006.01); B82B 1/00(2006.01); B82B 3/00(2006.01); C03C 23/00(2006.01); C09D 183/08(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: 발수유성 박막(Water-repellent thin film), 고분자(polymer), 필러(pillar), 몰드(mold)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-279398 A (KAGAWA GAKUSEI VENTURE KK) 20 November 2008 (2008-11-20) See claim 1; and figure 4.	1-8
A		9-14
Y	JP 2013-533115 A (CORNING INC.) 22 August 2013 (2013-08-22) See claim 1; paragraphs [0073]-[0075]; and figure 14B.	1-8,9-12
Y	KR 10-2019-0014768 A (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) 13 February 2019 (2019-02-13) See claims 1-4.	2-5,12
Y	KR 10-1617718 B1 (INHA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) 04 May 2016 (2016-05-04) See claim 1.	9-11

☑ 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	Date of mailing of the international search report
11 March 2024	**11 March 2024**

Name and mailing address of the ISA/KR	Authorized officer
Korean Intellectual Property Office **Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon 35208**	
Facsimile No. **+82-42-481-8578**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2023/019075

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-1807407 B1 (INCHEON NATIONAL UNIVERSITY RESEARCH & BUSINESS FOUNDATION) 08 December 2017 (2017-12-08) See entire document.	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2023/019075

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2008-279398 A	20 November 2008	WO 2008-143064 A1	27 November 2008
JP 2013-533115 A	22 August 2013	CN 102906045 A	30 January 2013
		CN 203617039 U	28 May 2014
		EP 2571826 A1	27 March 2013
		US 2011-0287217 A1	24 November 2011
		WO 2011-146357 A1	24 November 2011
KR 10-2019-0014768 A	13 February 2019	KR 10-1960383 B1	20 March 2019
KR 10-1617718 B1	04 May 2016	CN 205107381 U	30 March 2016
KR 10-1807407 B1	08 December 2017	KR 10-2017-0130704 A	29 November 2017

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2023/019075

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

B32B 3/28(2006.01)i; **B32B 3/30**(2006.01)i; **B32B 1/08**(2006.01)i; **A61L 29/08**(2006.01)i; **A61L 29/14**(2006.01)i; **B29C 33/42**(2006.01)i; **B81C 99/00**(2010.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

B32B 3/28(2006.01); B05D 1/18(2006.01); B05D 3/12(2006.01); B05D 5/08(2006.01); B23K 26/36(2006.01); B32B 27/28(2006.01); B32B 3/20(2006.01); B82B 1/00(2006.01); B82B 3/00(2006.01); C03C 23/00(2006.01); C09D 183/08(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: 발수유성 박막(Water-repellent thin film), 고분자(polymer), 필러(piller), 몰드(mold)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	JP 2008-279398 A (KAGAWA GAKUSEI VENTURE KK) 2008.11.20 청구항 1; 도면 4	1-8
A		9-14
Y	JP 2013-533115 A (CORNING INC.) 2013.08.22 청구항 1; 단락 [0073]-[0075]; 도면 14B	1-8,9-12
Y	KR 10-2019-0014768 A (고려대학교 산학협력단) 2019.02.13 청구항 1-4	2-5,12
Y	KR 10-1617718 B1 (인하대학교 산학협력단) 2016.05.04 청구항 1	9-11
A	KR 10-1807407 B1 (인천대학교 산학협력단) 2017.12.08 전체문헌	1-14

☐ 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 문헌과조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.
"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2024년03월11일(11.03.2024)	**2024년03월11일(11.03.2024)**

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/KR2023/019075

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2008-279398 A	2008/11/20	WO 2008-143064 A1	2008/11/27
JP 2013-533115 A	2013/08/22	CN 102906045 A	2013/01/30
		CN 203617039 U	2014/05/28
		EP 2571826 A1	2013/03/27
		US 2011-0287217 A1	2011/11/24
		WO 2011-146357 A1	2011/11/24
KR 10-2019-0014768 A	2019/02/13	KR 10-1960383 B1	2019/03/20
KR 10-1617718 B1	2016/05/04	CN 205107381 U	2016/03/30
KR 10-1807407 B1	2017/12/08	KR 10-2017-0130704 A	2017/11/29