

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2021년 10월 7일 (07.10.2021) **WIPO | PCT**

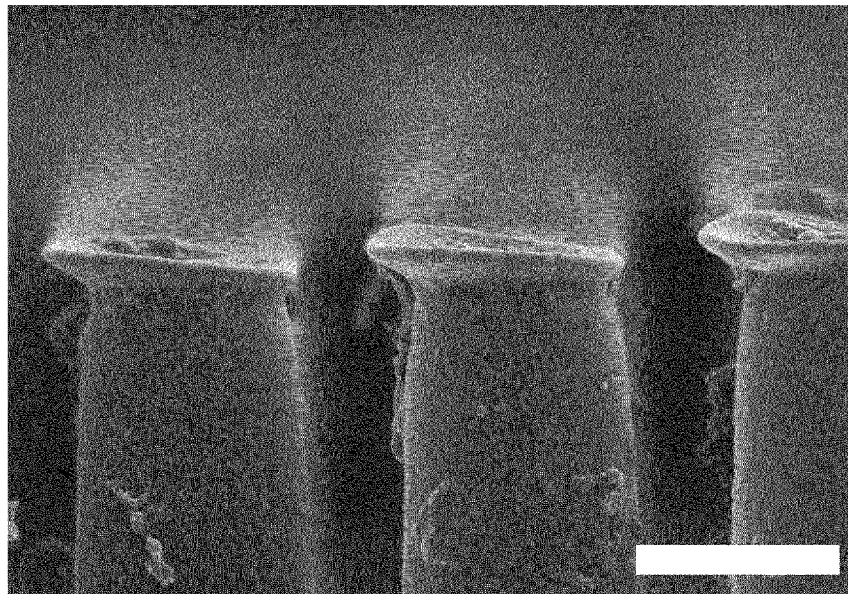


(10) 국제공개번호
WO 2021/201403 A1

- (51) 국제특허분류:
C09J 9/00 (2006.01) *B29C 39/24* (2006.01)
C09J 5/00 (2006.01) *B29C 33/38* (2006.01)
C09J 201/00 (2006.01) *B29K 83/00* (2006.01)
B29C 39/26 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2021/001133
- (22) 국제출원일: 2021년 1월 28일 (28.01.2021)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2020-0040662 2020년 4월 3일 (03.04.2020) KR
- (71) 출원인: 경북대학교 산학협력단 (**KYUNGPOOK NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION**) [KR/KR]; 41566 대구시 북구 대학로 80(산격동), Daegu (KR).
- (72) 발명자: **곽문규 (KWAK, Moon Kyu)**; 42839 대구시 달서구 상화로58길 86 103동 1003호, Daegu (KR). **송현우 (SONG, Hyun Woo)**; 38690 경상북도 경산시 삼성현로 203 103동 1302호, Gyeongsangbuk-do (KR). **이성호 (LEE, Sung Ho)**; 44722 울산시 남구 신정로33번길 36 906호, Ulsan (KR).
- (74) 대리인: **윤귀상 (YUN, Kuisang)**; 08511 서울시 금천구 디지털로9길 47 804호(가산동, 한신IT타워2차), 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 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,

(54) Title: SWITCHABLE ADHESIVE, AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) 발명의 명칭: 스위처블 접착제 및 그의 제조방법



(57) Abstract: The present invention relates to a switchable adhesive, and a method for producing same. A switchable adhesive according to the present invention is a dry adhesive produced by curing a thermosetting shape memory polymer-containing liquid in a polydimethylsiloxane (PDMS) mold, wherein adhesion can be controlled through biomimicry. In order to replicate a dry-adhesive structure mimicking the bottom of the feet of a gecko lizard, the PDMS mold is used to complete a micro-dry adhesive structure having an inclined adhesive tip shape by customizing the shape of the microstructure. Due to the thermosetting shape-memory polymer that has a shape restoration effect due to thermal stimulation, the switchable adhesive is easy to detach by means of thermal stimulation after being attached at room temperature. Therefore, the switchable adhesive according to the present invention adapts and adheres to a variety of flat or rough surfaces, and can be used repeatedly.



WO 2021/201403 A1

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))

(57) 요약서: 본 발명은 스위처블 접착제 및 그의 제조방법에 관한 것이다. 본 발명의 스위처블 접착제는 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane, PDMS) 금형에 열 경화성 형상기억 폴리머 함유액을 경화시켜 제작된, 생체모사를 통한 접착력 제어가 가능한 건식접착제로서, 개코 도마뱀의 발바닥을 모방한 건식 접착 구조물을 재현하기 위하여 PDMS 금형을 사용하여 미세 구조 형상을 커스터마이징하여 기울어진 접착 팁 형상을 가지는 미세 건식 접착구조를 완성하고, 열 자극에 의해 형상의 복귀 효과를 가지는 열 경화성 형상기억 폴리머로 인해 상온 접착 이후 열 자극에 의한 탈착이 용이하며, 본 발명의 스위처블 접착제는 평편하거나 거친 다양한 표면에도 순응 접착되고 반복 사용이 가능하다. [대표도] 도 1

명세서

발명의 명칭: 스위처블 접착제 및 그의 제조방법

기술분야

- [1] 본 발명은 스위처블 접착제 및 그의 제조방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane, PDMS) 금형에 열 경화성 형상기억 폴리머 함유액을 경화시켜 제작된, 생체모사를 통한 접착력 제어가 가능한 건식접착제로서, 게코 도마뱀의 발바닥을 모방한 건식 접착 구조물을 재현하기 위하여 PDMS 금형을 사용하여 미세 구조 형상을 커스터마이징하여 기울어진 접착 팁 형상을 가지는 미세 건식 접착구조를 완성하고, 열 자극에 의해 형상의 복귀 효과를 가지는 열 경화성 형상기억 폴리머로 인해 상온 접착 이후 열 자극에 의한 탈착이 용이하고 반복 가능한 스위처블 접착제 및 그의 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 자연계의 특징을 다양한 공학에 접목하여 기존의 시스템보다 효율적인 시스템을 개발하고자 하는 자연유래 공학시스템에 관한 연구는 지난 20세기 이후부터 활발한 진행되고 있다.
- [3] 게코(Gecko) 도마뱀은 천정 및 벽에서 자유자재로 부착되어 이동할 수 있는데, 게코 도마뱀 발바닥은 무수히 많은 미세 섬모를 표면과 접착하면서 거친 표면의 벽면에서도 반데르발스 힘(van der waals force)을 활용하여 안정적으로 오르내릴 수 있다.
- [4] 이와 같은 게코의 발바닥에 관한 연구를 통해 게코 도마뱀 발바닥의 계층을 모사한, 건식 접착 구조물이 표면과 접착제 사이의 반데르발스 힘을 활용하여 강한 접착력을 제공하므로, 습식 접착의 대안 기술로서 제시되고 있다.
- [5] 그러나 강한 접착 성능만큼 효과적인 탈착 성능을 가진 건식 접착제 제작이 부족한 실정이고, 대부분의 건식 접착제는 낮은 탄성률을 가진 고무 재질로 제작된다.
- [6] 이에, 특허문헌 1은 게코 도마뱀으로부터 모사된 건식 접착 구조물의 제조를 위한 고가의 나노 몰드를 사용하지 않고, 제작이 비교적 간편하여 경제적이면서도, 마이크로-나노 계층 구조의 형성이 용이하여 대면적의 건식 접착 구조물을 제조할 수 있는 마이크로-나노 계층 구조물의 제조방법 및 이에 의해 제조된 마이크로-나노 계층 구조물을 제시하고 있다. 구체적으로, 연신법 또는 전기영동법을 통해 전도성 나노 입자가 내부에 일정한 방향으로 배향된 강모층을 형성시키고, 강모층의 상부를 선택적으로 식각하여 강모층의 상면에 섬모층을 형성시켜, 저렴하고, 간단한 공정으로 접착 특성이 우수한 건식 접착제인 대면적의 마이크로-나노 계층 구조물을 효과적으로 대량 제조할 수 있으며, 구조물 내부에 전도성 나노 입자가 배향되어 있고, 표면에 금속

박막층이 형성되어 수회의 탈부착을 반복하여도 우수한 내구성 및 접착성을 유지하여 다양한 분야의 건식 접착 재료로 사용될 수 있다고 밝히고 있다.

- [7] 특허문헌 2 역시 섬모의 강도 및 내구성을 향상시키기 위한 일환으로 복수의 섬모가 형성된 기관과, 적어도 복수의 섬모 표면에 형성되고 상기 섬모와 다른 재질로 이루어진 접촉 패드를 제공하고 있으며, 구체적으로는 고분자 섬모의 표면에 고분자 물질보다 강도 및 내구성 등이 우수한 세라믹 물질 등으로 코팅층을 형성함으로써 섬모의 강도 및 내구성 향상시킬 수 있다. 따라서, 섬모를 반복 사용하더라도 강도 및 내구성이 저하되지 않고 그에 따라 접촉 패드의 수명을 향상시킬 수 있다고 개시하고 있다.
- [8] 최근 나노 소재를 이용한 건식 접착 구조를 가지는 건식 접착 구조물이 제안되었으며, 실리콘 웨이퍼 위에 고밀도로 성장시킨 탄소나노튜브의 경우 건식 접착강도가 게코 발바닥의 10배 수준까지 달성 가능한 건식 접착 구조물에 관한 기술 내용이 개시된 바 있다.
- [9] 상기한 건식 접착 구조물을 제조하기 위해, 종래에는 마이크로 혹은 나노 패턴을 가진 몰드를 제작하고, 여기에 건식 접착 구조 재료를 주입하거나 찍어내는 방법으로 마이크로 혹은 나노 구조물을 제작하는 방식이 사용되었다. 이러한 제작 방법은 몰드를 얼마나 정밀하게 원하는 모양으로 제작할 수 있는지가 가장 중요한 요소이며, 특히, 나노 구조물의 경우 산화물 계열의 소재(산화알루미늄)를 다공성 구조로 제작하여 사용하거나 나노 크기의 몰드를 광학적 기법으로 식각하여 제작하는 등 반도체 공정 수준의 정밀한 가공 기법이 적용이 필수적이다.
- [10] 이에, 본 발명자들은 종래 문제점을 해소하고자 노력한 결과, 게코 도마뱀 발바닥 섬모들의 팁이 표면과 접촉하면서 각 섬모와 표면에 작용하는 반데르발스 힘에 의해 높은 접착력이 발생하는 점으로부터 착안하여, 접착력 제어가 가능한 건식 접착구조를 제조하고 상기 건식 접착구조로 인해 높은 탄성률을 가졌음에도 불구하고 유리, 알루미늄에 접착력을 발생시키고, 접착 후 형상기억 폴리머의 복귀(recovery)효과를 활용하여 탈착이 용이하도록 하여 높은 품질의 표면을 요구하는 제품을 이송할 때 활용될 가능성을 확인함으로써, 본 발명을 완성하였다.
- [11] [선행기술문헌]
- [12] [특허문헌]
- [13] 대한민국 공개특허 제2017-0089205호 (2017.08.03 공개)
- [14] 대한민국 공개특허 제2014-0122861호 (2014.10.21 공개)
- 발명의 상세한 설명**
- 기술적 과제**
- [15] 본 발명의 목적은 생체모사를 통해 접착력 제어가 가능한 스위처블 접착제를 제공하는 것이다.

- [16] 본 발명의 다른 목적은 스위처블 접착제의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [17] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 복수 개의 미세 섬모로 이루어진 PDMS 금형에 열 경화성 형상기억 폴리머 함유액을 경화시켜 제작되며, 상기 미세 섬모의 단위 섬모가 필러 및 상기 필러 상부가 기울어진 접착 팁 형상이고, 상기 접착 팁 형상이 접착대상 기판에 접착되는 건식 접착구조를 가지는 스위처블 접착제를 제공한다.
- [18] 본 발명의 복수 개의 미세 섬모에서, 접착 팁 형상은 경사도 10 내지 30°로 기울어진 것이 바람직하다.
- [19] 본 발명의 스위처블 접착제는 상기 복수 개의 미세 섬모 구조로 금속표면 또는 유리기판 표면의 편평한 표면 또는 종이, 알루미늄, 스텔에서 선택된 거친 표면에 상온 접착된 것을 특징으로 한다.
- [20] 또한, 본 발명의 열 경화성 형상기억 폴리머는 50 내지 100°C의 열 자극에 복귀 효과를 가지는 폴리머인 것이고, 본 발명의 스위처블 접착제는 복수 개의 미세 섬모 구조로 인해 예비하중 20 내지 30N 조건에서 상온 접착이 가능하고 상기 열 경화성 형상기억 폴리머 사용으로 인해, 50 내지 100°C의 열 자극 이후 탈착이 용이하고 반복가능한 것을 특징으로 한다.
- [21] 본 발명은 스위처블 접착제의 제조방법으로서, PDMS 금형 제작단계 및
- [22] 상기 PDMS 금형에 열 경화성 형상기억 폴리머 함유액을 붓고 경화하고 디몰딩하는 단계로 기울어진 접착 팁 형상을 가진 복수 개의 미세 섬모로 이루어진 스위처블 접착제를 제조하되,
- [23] 상기 PDMS 금형 제작단계가 음각의 실리콘 마스터 금형에 PDMS 엘라스토머와 경화제를 함유한 용액을 붓고 경화시켜 디몰딩한 PDMS 예비금형 준비공정,
- [24] 상기 PDMS 예비금형에 산소 플라즈마처리 공정 및
- [25] 상기 산소 플라즈마처리된 표면을 실레인 표면처리하고, PDMS 엘라스토머와 경화제를 함유한 용액을 다시 붓고 완전 경화시켜 디몰딩하는 공정으로 수행된다.
- [26] 본 발명의 제조방법에 있어서, 상기 산소 플라즈마처리 공정에 의해 기울어진 접착 팁 형상이 형성된다.
- [27] 또한 상기 산소 플라즈마처리 공정에 의해, PDMS 표면에 PDMS 실리콘박막층이 형성되고, 상기 PDMS 표면 하부에 산소 플라즈마로 처리되지 않은 PDMS 벌크층이 형성되며, 상기 PDMS 실리콘박막층 및 PDMS 벌크층간의 열팽창계수 차이로 접착 팁의 직경이 감소되어 기울어진 접착 팁 형상이 형성된 PDMS 금형을 제작할 수 있다. 이때, 기울어진 접착 팁 형상이 경사도 10 내지 30°를 가진다.

발명의 효과

- [28] 본 발명에 따른 접착제는 생체모사를 통한 접착력 제어가 가능한 건식접착제로서, 게코 도마뱀의 발바닥을 모방한 건식 접착 구조물을 재현하기 위하여 PDMS 금형을 사용하여 미세 구조 형상을 커스터마이징하여 다양한 표면에 순응 접착되도록 하고 열 경화성 형상기억 폴리머의 열 자극에 의해 복귀효과를 이용하여 접착 이후 탈착이 용이하고 반복 가능한 스위처블 접착제를 제공할 수 있다.
- [29] 또한, 본 발명은 기울어진 접착 팁 형상을 가지는 미세 건식 접착구조를 가지는 신규한PDMS 금형을 제작하고 열 경화성 형상기억 폴리머를 사용하여 제조된 제조방법을 제공함에 있어서, 종래 몰드 제작을 위한 식각 공정 등의 정밀한 공정없이 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [30] 도 1은 본 발명의 스위처블 접착제의 미세 섬모의 이미지 사진이고,
- [31] 도 2는 본 발명의 스위처블 접착제가 유리기판 표면에 접착된 상태의 이미지 사진이고,
- [32] 도 3은 본 발명의 스위처블 접착제의 접착 및 탈착 기전을 도시한 것이고,
- [33] 도 4는 본 발명의 스위처블 접착제의 거친 표면에서의 접착 및 탈착을 도시한 것이고,
- [34] 도 5는 본 발명의 스위처블 접착제의 열 자극에 의한 복귀효과를 시간경과에 따라 나타난 것이고,
- [35] 도 6은 본 발명의 스위처블 접착제의 상온 및 열 자극 조건에서의 접착력 변화를 나타낸 것이고,
- [36] 도 7은 본 발명의 스위처블 접착제의 예비하중에 따른 시간별 접착력 변화를 도시한 것이고,
- [37] 도 8은 본 발명의 스위처블 접착제의 접착 및 탈착의 반복횟수(Cycles)에 의한 접착력 변화를 나타낸 것이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [38] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.
- [39] 본 발명은 복수 개의 미세 섬모로 이루어진 PDMS 금형에, 열 경화성 형상기억 폴리머 함유액을 경화시켜 제작되되, 상기 미세 섬모의 단위 섬모가 필러 및 상기 필러 상부가 기울어진 접착 팁 형상이고, 상기 접착 팁 형상이 접착대상 기판에 접착되는 건식 접착구조를 가지는 스위처블 접착제(Switchable adhesive)를 제공한다.
- [40] 통상 게코의 발바닥을 모방한 건식 접착 구조물을 재현하기 위한 재료로서 마이크로 또는 나노 구조로 제작이 용이한 고분자 재료로 자체 점착 특성이 우수한 PDMS 고분자를 사용한다.
- [41] 그러나, 종래는 PDMS 고분자를 이용하여 건식 접착 구조물을 제작하나, 본 발명은 상기 PDMS 고분자 재료를 소프트 금형(soft mold)으로서 사용하고 상기

PDMS 금형에 열 경화성 형상기억 폴리머로 형상화된 건식 접착구조를 제작한다.

- [42] 따라서, 종래 PDMS 고분자 재료를 이용하여 건식 접착 구조물은 고분자 재료의 강도가 낮아 반복 사용에 의한 구조물 마모, 탈락 등으로 인해 건식 접착 구조물의 내구성이 낮은 문제점이 있으나, 본 발명은 PDMS 금형으로 사용함으로써, PDMS 고분자 재료의 유연한 성질과 형상기억 폴리머로 형상화됨으로써, 탈부착의 접착력 제어가 가능한 스위처블 접착제를 제공할 수 있다.
- [43] 도 1은 본 발명의 미세 섬모의 이미지 사진으로서, 본 발명의 PDMS 금형은 복수 개의 미세 섬모로 이루어지며, 더욱 구체적으로, 복수 개의 미세 섬모는 단위 섬모가 필러(pillar) 및 상기 필러 상부가 기울어진 접착 팁 형상을 확인할 수 있다.
- [44] 본 발명의 미세 섬모)는 복수 개 돌출되어 형성되는데, 복수 개의 상기 미세 섬모들이 다수의 종 방향 및 횡 방향으로 상호 이격되어 배치된다. 본 실시예에서 상기 미세 섬모는 원기둥의 형태로 형성되나, 이에 한정되지 아니하고, 삼각기둥, 사각기둥 등 다양한 형태로 형성될 수 있다.
- [45] 구체적으로 본 발명의 실시예에서 선택된 원기둥 형태는 단위 섬모에 있어서, 필러의 직경은 $10\mu\text{m}$ 내지 $20\mu\text{m}$ 크기를 가지며 더욱 바람직하게는 필러의 높이는 $20\mu\text{m}$ 내지 $40\mu\text{m}$ 이 바람직하다.
- [46] 또한, 접착 팁은 두께 1 내지 $2\mu\text{m}$, 접착 팁의 직경은 상기 필라 직경보다 1 내지 $5\mu\text{m}$ 큰 값이면 바람직하고 경사도 10 내지 30° 로 기울어지도록 제작된다.
- [47] 상기의 복수 개의 미세 섬모는 5 내지 $20\mu\text{m}$ 로 이격되어 PDMS 금형을 완성한다.
- [48] 상기의 필러 상부가 기울어진 접착 팁 형상을 가지고, 상기 접착 팁 형상이 접착대상 기판에 접착되는 건식 접착구조이다.
- [49] 도 2는 본 발명의 스위처블 접착제가 유리기판 표면에 접착된 상태의 이미지 사진으로서, 예비하중(preload)을 받아 기울어진 형상이 일시적으로 플랫하게 변형되어 유리기판 표면에 접착된 것을 확인할 수 있다.
- [50] 도 3은 본 발명의 스위처블 접착제의 접착 및 탈착 기전을 도시한 것으로서, 본 발명의 스위처블 접착제는 소프트한 PDMS 금형으로부터 제조된 미세 섬모의 기울어진 접착 팁에 의해 예비하중을 가하여 거친 표면에도 순응 접착(conformal contact)되면, 계면사이에 반데르발스 힘이 작용하여 우수한 접착력이 발생된다. 또한, 형상기억 폴리머가 열 자극에 의해 복귀효과를 구현하므로, 원래의 경사진 형상으로 되돌아오면서 반데르발스 힘을 상쇄하고 표면으로부터 탈착이 진행된다.
- [51] 따라서 본 발명의 스위처블 접착제는 상기 복수 개의 미세 섬모 구조로 금속표면 또는 유리기판 표면의 편평한 표면뿐만 아니라 종이, 알루미늄, 스틸의 거친 표면에 상온 접착이 가능하다.
- [52] 도 4는 본 발명의 스위처블 접착제의 거친 표면에서의 접착 및 탈착을 도시한

것으로서, 종래 PDMS 고분자 재료를 이용하여 건식 접착구조의 경우, 거친 표면에서는 표면에 맞춰 접착되지 못하지만, 본 발명의 스위처블 접착제는 표면이 평편하지 않은 거친 표면에 맞게 순응 접착되고 형상기억 폴리머의 열자극에 따른 복귀효과로 인해 탈착이 용이하다.

[53] 도 5는 본 발명의 스위처블 접착제의 열 자극에 의한 형상 복귀효과를 시간경과에 따라 나타난 것으로서, 높은 예비하중에 의해 구조가 일시적으로 무너진 경우에도 본 발명의 스위처블 접착제의 구성인 형상기억 폴리머의 복귀효과로 인해 초기의 형태로 빠르게 회복됨을 확인할 수 있다.

[54] 도 6은 본 발명의 스위처블 접착제의 상온 및 열 자극 조건에서의 접착력 변화를 나타낸 것이다.

[55] 상기 결과로부터, 열 자극에 의해 형상기억 폴리머의 복귀효과로 초기의 형태로 빠르게 회복되는 작용기전을 뒷받침할 수 있는 것으로, 본 발명의 스위처블 접착제는 상온에서는 예비하중 세기와 무관하게 100°C 온도에서의 접착력이 월등히 우수한 접착력을 확인할 수 있다.

[56] 특히, 상온에서 예비하중 20N 내지 50N 조건하에서는 접착력 결과는 계면사이에 반데르발스 힘이 작용하여 우수한 접착력이 발생한 것을 뒷받침한다. 반면에, 100°C 온도의 열 자극 조건에서는 급격한 접착력 감소 결과를 보임으로써, 본 발명의 스위처블 접착제는 큰 자극을 가하지 않고 높은 탄성률의 상태에서 접착력을 발현하고, 접착 후 열을 가하면 제작된 미세구조 형상의 기능에 의해 안정적 탈착이 가능하다.

[57] 이때, 열 자극은 50 내지 100°C 조건에서 수행하는 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 60 내지 100°C에서 수행될 때, 상온에서의 접착력보다 90% 이하로 접착력 감소가 확인되므로 탈착이 용이하게 된다. 반면에, 50°C 미만의 온도에서는 접착력 감소효과가 미미하고 오히려 상온보다 접착력 증가로 인해 끈적끈적한 특성이 발생한다.

[58] 도 7은 본 발명의 스위처블 접착제의 예비하중 크기에 대하여 예비하중 시간에 따른 접착력 변화를 도시한 것이고, 예비하중 20N 내지 50N 조건하에서는 예비하중 시간이 증가할수록 접착력이 증가하는 결과를 확인할 수 있다.

[59] 도 8은 본 발명의 스위처블 접착제의 접착 및 탈착의 반복횟수(Cycles)에 의한 접착력 변화를 나타낸 것으로서, 본 발명의 스위처블 접착제는 예비하중 20N 조건하에서 접착 및 탈착의 반복에도 불구하고 안정적인 접착력 유지를 확인할 수 있다.

[60] 또한, 본 발명은 1) PDMS 금형 제작단계 및

[61] 2) 상기 PDMS 금형에 열 경화성 형상기억 폴리머 함유액을 붓고 경화하고 디몰딩하는 단계로 기울어진 접착 팁 형상을 가진 복수 개의 미세 섬모로 이루어진 스위처블 접착제의 제조방법을 제공한다.

[62] 본 발명은 스위처블 접착제의 기울어진 접착 팁 형상을 제작하기 위하여 새로운 PDMS 금형의 제작방법을 설계한다.

- [63] 이하, 각 공정별로 상세히 설명하고자 한다.
- [64] 구체적으로, 본 발명의 제조방법에 있어서, 단계 1)의 PDMS 금형 제작단계는,
- [65] 1-1) 음각의 실리콘 마스터 금형에 PDMS 엘라스토머와 경화제를 함유한 용액을 붓고 경화시켜 디몰딩한 PDMS 예비금형 준비공정,
- [66] 1-2) 상기 PDMS 예비금형에 산소 플라즈마처리 공정 및
- [67] 1-3) 상기 산소 플라즈마처리된 표면을 실레인 표면처리하고, PDMS 엘라스토머와 경화제를 함유한 용액을 다시 붓고 완전 경화시켜 디몰딩하는 공정으로 수행된다.
- [68] 1-1) 공정은 PDMS 고분자 재료를 금형으로 제작하기 위하여, PDMS 엘라스토머 및 경화제를 5:1 내지 10:1의 중량비율로 혼합된 혼합액을 음각의 실리콘 마스터 금형에 붓고 경화시키고 디몰딩한다.
- [69] 1-2) 공정은 상기 PDMS 예비금형에 산소 플라즈마처리를 수행하며, 기울어진 접착 팁을 성형할 수 있다.
- [70] 산소 플라즈마처리는 -OH를 방출하여 PDMS 표면의 CH_3 그룹을 제거하고 친수성(OH) 그룹으로 대체시킨다. 산소 플라즈마처리된 PDMS의 표면은 실라놀(silanole) 관능기의 영향으로 OH와 Si 그룹을 공유함으로써, PDMS 표면에 실리콘박막층을 형성한다. 이때, 실리콘박막층은 나노 두께의 박막으로 산소 플라즈마에 노출된 PDMS 표면 상에서만 형성되며 기존 소수 특성의 PDMS 표면을 친수 특성으로 일시적으로 변화시키게 된다.
- [71] 따라서, 상기 산소 플라즈마처리 공정에 의해, 산소 플라즈마에 노출된 표면에서는 실리콘박막층이 형성되고, 표면 아래에서는 기존의 PDMS 특성과 동일한 PDMS 벌크층으로 구성된다.
- [72] 이때, 상기의 PDMS 실리콘박막층 및 PDMS 벌크층은 다른 기계적 특성을 가지게 되는데, PDMS 실리콘박막층은 상기 PDMS 벌크층과는 다른 탄성률, 연신률 및 열팽창계수(Coefficient of thermal expansion, CTE)값을 가진다.
- [73] 구체적으로, 산소 플라즈마처리에 의해 PDMS 벌크층 대비, PDMS 실리콘박막층은 탄성률 증가, 연신률 감소 및 열팽창계수 값의 차이가 발생하며 특히, 고온 상태에 있을 때 서로 다른 열팽창계수 값에 따른 변형이 발생하게 된다. 즉, 산소 플라즈마처리된 PDMS 실리콘박막층은 고온에 있을 때 상대적으로 높은 CTE 값을 가지는 반면, PDMS 벌크층은 낮은 CTE 값을 가지는데, 두 CTE 값의 차이가 50배이상이므로 계면간 열 팽창의 불균형이 발생한다.
- [74] 따라서, 동일조건에서 열을 받고 있을 때 상대적으로 덜 팽창하는 PDMS 실리콘박막층과 팽창률이 높은 PDMS 벌크층이 완전히 표면을 맞대고 있기 때문에 PDMS 벌크층은 PDMS 실리콘박막층 방향으로 휘어지게 되어, 접착 팁의 직경이 감소되어 기울어진 경사각이 형성된 PDMS 금형을 제작할 수 있다.
- [75] 광학 현미경 측정 결과, 온도가 증가할수록, 산소 플라즈마처리 시간이 증가할수록, PDMS 실리콘박막층의 접착 팁의 수직 관측 직경은 감소하는

- 경향이나, 산소 플라즈마처리되지 않은 PDMS 벌크층을 80°C에 두었을 경우, 접착 팁의 직경이 미미하게 증가한다.
- [76] 한편, 산소 플라즈마처리하지 않아 실리콘박막층이 형성되지 않은 경우, 80°C에서 13.23 μ m의 직경으로 기존의 직경보다 1.74% 팽창이 나타낸다.
- [77] 반면에 산소 플라즈마처리에 의해 실리콘박막층이 형성된 경우, 접착 팁의 직경은 감소한다. 이때, 열팽창계수의 차이에 의한 관측 직경 감소뿐만 아니라 산소 플라즈마 처리만으로도 접착 팁의 수직 관측 직경이 비례적으로 감소한다.
- [78] 이러한 결과는 산소 플라즈마처리가 진행되는 동안 플라즈마 처리를 받는 표면근처에서 플라즈마에 의한 열이 발생하기 때문이며, 더욱 구체적으로는 접착 팁의 표면은 산소 플라즈마에 노출되는 즉시 빠르게 PDMS 실리콘박막층이 형성되고 PDMS 벌크층과 서로 다른 열팽창계수값을 가지게 된다.
- [79] 또한, 산소 플라즈마처리에 의해 열을 받는 PDMS 벌크층은 PDMS 실리콘박막층이 형성되는 속도보다 상대적으로 느리게 열전도가 이루어진다. 즉, 산소 플라즈마처리 과정에서 PDMS 벌크층이 열에 의한 팽창이 발생하기 전에 빠르게 실리콘박막층이 형성되고, 이후 산소 플라즈마처리에 의한 PDMS 벌크층의 미미한 열팽창과 산소 플라즈마처리가 끝나고 기존의 형태로 되돌아오면서 산소 플라즈마처리 과정만으로도 접착 팁의 수직 관측 직경을 감소시킬 수 있다.
- [80] 1-3) 공정은 상기 산소 플라즈마처리된 표면을 실레인 표면처리하고, PDMS 엘라스토머와 경화제를 함유한 용액을 다시 붓고 완전 경화시켜 디몰딩하는 것이다. 산소 플라즈마처리의 최적시간으로 수행되어 형성된 PDMS 실리콘박막층을 자기복제하기 위하여 실레인으로 표면처리된다. 상기 실레인 표면처리는 자기 복제과정에서 PDMS 금형을 이형할 때 표면에너지를 격감시켜 안정적인 이형을 돕도록 한다.
- [81] 구체적으로 PDMS 엘라스토머 및 경화제 5:1 내지 10:1의 중량비율로 혼합된 혼합액을 산소 플라즈마로 표면처리된 PDMS 금형에 붓고 80°C 대류 오븐에 6 시간 동안 열경화를 진행한다. 열경화가 진행되는 동안 실리콘박막층이 형성되어 있는 PDMS 금형은 PDMS 벌크층과 PDMS 실리콘박막층의 열팽창계수 차이 때문에 스위처블 접착제의 기울어진 접착 팁 형상으로 변형된다.
- [82] 동시에 열에 의해 변형된 PDMS 금형에 부어져 있는 PDMS 혼합액은 변형된 형상으로 열경화가 진행된다. 충분히 경화된 후 디몰딩하여 PDMS 금형 제작을 완성한다.
- [83] 이후, 본 발명의 제조방법에 있어서, 단계 2)는 상기 PDMS 금형에 열 경화성 형상기억 폴리머 함유액을 붓고 경화하고 디몰딩한다.
- [84] 본 발명에서 사용되는 형상기억 폴리머는 T_{glass} 이하에서 높은 탄성률의 상태로 있다가 T_{glass} 온도 이상에서 낮은 탄성률의 상태로 상 변화가 일어나는 열 경화성

형상기억 폴리머가 바람직하다.

- [85] 공지된 열 경화성 형상기억 폴리머군에서 선택될 수 있으나, 바람직하게는 열 경화성 폴리머 체인 및 열 가소성 폴리머 체인으로 구성되어 있는 것이며, 본 발명의 실시예에서는 에폭시 수지(diglycidyl ether of bisphenol A epoxy monomer, EPON 826) 결정을 먼저 분해하고 경화제(poly(propylene glycol)bis(2-aminopropyl) ether, Jeffamine D230)와 NGDE(Neopentyl glycol diglycidyl ether)을 균일하게 혼합한 후 열 경화를 통해 제작된다.
- [86] 상기에서, 에폭시 수지와 경화제는 형상기억 폴리머의 형상을 유지하는 하드 세그먼트(hard-segment)의 역할을 수행하며 열 경화성 폴리머 체인으로 구성되어 있다. 반면, 상기 NGDE는 형상기억 폴리머의 상 변화 및 형상 고정의 역할을 하는 소프트 세그먼트(soft-segment)로서 열 가소성 폴리머 체인으로 구성되어 있다.
- [87] 다음의 하드 세그먼트(hard-segment)와 소프트 세그먼트(soft-segment)는 균일하게 열 경화성 형상기억 폴리머를 구성하며, 상기 하드 세그먼트와 소프트 세그먼트의 엔트로피 작용에 의해 형상 고정과 복귀 효과를 가능하게 한다.
- [88] 또한, 영구 형상의 높은 탄성률에서 열 자극을 받으면 낮은 탄성률로 상 변화가 일어난다. 열 자극을 받아 낮은 탄성률의 형상기억 폴리머는 유연하고 신축성이 뛰어나기 때문에 작은 힘으로도 쉽게 필요한 형상으로 변형시킬 수 있다.
- [89] 여기서 사용되는 형상기억 폴리머의 열 자극 시 탄성률은 영구 형상의 높은 탄성률 보다 무려 300배 더 낮다. 이러한 낮은 탄성률의 형상기억 폴리머에 외력을 가해 필요한 형상으로 변형시키고 다시 냉각을 하면, 원하는 형상으로 변형된 임시 형상이 된다. 냉각된 임시 형상은 영구 형상과 동일한 탄성률을 갖는다. 임시 형상에서 T_{glass} 온도 이상으로 올라가지 않으면 높은 탄성률의 상태로 변형된 형상을 영구히 유지한다.
- [90] 그러나 임시 형상에서 T_{glass} 온도 이상으로 열 자극을 주면, 형상기억 폴리머는 임시 형상에서 영구 형상으로 상 변화가 일어난다. 다음의 상 변화를 '복귀 효과'라 한다.
- [91] 상기 영구 형상으로 복귀된 형상기억 폴리머는 다시 위의 과정을 가역적으로 반복할 수 있다. 여기서 활용하는 형상기억 폴리머는 뛰어난 반복사용성을 가지는데 이는 소프트 세그먼트(soft-segment)인 NGDE의 무정형 특성 때문에 가능하다.
- [92] 열 자극성 형상기억 폴리머를 활용한 대부분의 건식 접착 연구들은 다음의 과정을 활용하여 T_{glass} 온도 이상에서 끈적끈적한 낮은 탄성률의 상태에서 접착제를 기판과 접착 면적을 최대화한 다음, 높은 접착력을 유지시킨 상태에서 냉각을 시켜 접착력을 발생시킨다.
- [93] 그러나 본 발명의 스위처블 접착제는 접착 기능을 갖는 미세 구조를 활용하여 높은 탄성률에서도 미소 영역에서 나타나는 일시적 소성 변형을 활용하여 매우 높은 접착력을 만들어 낼 수 있다. 여기서, 형상기억 폴리머의 일시적 소성

변형에도 불구하고 안정적인 복귀 효과가 가능한 이유는 재료의 하드 세그먼트와 소프트 세그먼트의 균질한 분포 덕분에 가능하다.

- [94] 특히, 형상기억 폴리머로 선택된 NGDE는 T_{glass} 온도 이하의 높은 탄성률 상태이든, T_{glass} 온도 이상의 낮은 탄성률 상태이든, 하드 세그먼트와 소프트 세그먼트의 균질도가 항상 동일하기 때문에 소성 변형이 발생하더라도 원래 형상으로 완전한 복귀가 가능하다.
- [95] 형상기억 폴리머가 높은 탄성률 상태에서는 취성의 특성을 나타내기 때문에 너무 강한 외력을 받으면 균열이 발생할 수 있다.
- [96] 그러나 미소 영역에서 발생하는 일시적 소성변형은 거시 영역에서 균열이 발생할 만큼 큰 외력이 필요하지 않아 10N의 작은 외력으로도 변형을 시킬 수 있다. 따라서 본 발명의 스위처블 접착제는 높은 탄성률의 상태에서 일시적 소성 변형을 활용하여 접착력을 발현시키는 특징이 있다.
- [97]
- [98] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세히 설명하고자 한다.
- [99] 본 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것이며, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 한정되는 것은 아니다.
- [100] <실시예 1>
- [101] 단계 1: PDMS 금형 제작
- [102] 음각의 실리콘 마스터 금형에, PDMS 엘라스토머와 경화제 10:1 중량비율로 격렬하게 섞은 혼합체를 붓고 탈기 과정을 진행하였다. 이후, 대류 오븐에서 6시간 동안 열 경화하였다. 완전히 경화된 PDMS 접착제는 실리콘 마스터 금형에서 조심스럽게 이형되었다.
- [103] 상기 제조된 PDMS 접착제 표면에, 150W에서 60초 동안 산소 플라즈마처리 공정을 수행하여, PDMS 표면에 실리콘박막층을 형성하였다.
- [104] 이후 상기 실리콘박막층이 형성된 표면에 실레인 표면 처리(tridecafluoro-1, 1, 2, 2,-tetrahydrooctyl)-1-1-trichlorosilane silane; Sigma Aldrich corporation)를 통해 표면에너지를 조절하였다.
- [105] 또한, PDMS 엘라스토머와 경화제 5:1 중량비율로 격렬히 섞은 후 상기 실레인 표면처리된 PDMS 접착제에 붓고 탈기를 진행하였다. PDMS 혼합체가 부어진 PDMS 접착제는 80°C에서 대류 오븐에서 6시간 동안 열 경화하였다. 상기 완전히 경화된 후 실란 처리된 PDMS 접착제에서 PDMS 금형이 부드럽게 이형되었다.
- [106] 단계 2: 스위처블 접착제 제작
- [107] 분말상의 EPON 826(The diglycidyl ether of bisphenol A epoxy monomer; Sigma-Aldrich Corporation)의 분말 결정을 분해하기 위하여, 대류 오븐에서 70°C에서 30분 동안 가열하였다. 이후, EPON 826, 경화제(poly(propylene glycol)bis(2-aminopropyl) ether(D230); Huntsman)와 NGDE (Neopentyl glycol diglycidyl ether; TCI America)를 1: 1: 1 중량비율로 혼합하였다.
- [108] 상기 형상기억 폴리머 혼합체는 상기 단계 1에서 제작된 PDMS 금형에 골고루

벗고 탈기되었다. 형상기억 폴리머 혼합체가 부어진 PDMS 금형은 대류 오븐에서 90분 동안 100°C에서 열 경화를 진행하고, 마지막으로, 과경화를 위해 130°C에서 1시간 동안 추가적인 열 경화를 진행하였다. 완전히 경화된 스위처블 접착제는 PDMS 금형에서 조심스럽게 이형되었다. 이때, 제조된 스위처블 접착제는 필러 높이 20 μ m, 필러 직경 10 μ m, 접착 팁의 두께 1 μ m, 접착 팁의 직경 13 μ m이며, 접착 팁의 경사도는 20°로 기울어져 있으며, 각 미세 구조는 20 μ m 간격으로 이격되어 있고, 육각 배열로 제작되었다.

[109] <실험예 1> 산소 플라즈마 처리조건에 따른 접착 팁의 제작

[110] 상기 실시예 1의 단계 1의 PDMS 금형 제작에 있어서, 산소 플라즈마처리 조건에 따라 형성된 실리콘박막층의 수직 직경을 관찰하고 그 결과를 표 1에 기재하였다.

[111] [표 1]

[112]

항목	산소 플라즈마 처리시간				
	1분	2분	3분	4분	5분
실리콘박막층 수직 직경(μ m, 상온)	12.96	12.99	12.98	12.61	12.57
실리콘박막층 수직 직경(μ m, 80°C)	12.63	12.07	12.01	11.73	11.48
변형된 접착 팁의 각도, °	13.8	21.8	22.1	25.2	28.0

[113] 상기 표 1에서 확인되는 바와 같이, 상온에서 산소 플라즈마처리한 경우, 산소 플라즈마처리 과정 중에 발생하는 실리콘박막층의 직경 감소는 기존의 PDMS 접착제의 접착 팁 직경보다 3% 내외로 감소하였다. 그러나, 산소 플라즈마처리 시간을 1분, 2분, 3분 실시했을 때 감소하는 수직 직경은 광학 현미경으로 확인하기 힘든 수준이었으며, 반면에, 4분, 5분동안 산소 플라즈마처리를 받은 접착 팁의 경우는 광학 현미경으로 확인할 수 있는 수준으로 직경 감소가 나타난다. 그러나 실리콘박막층 형성만으로 감소하는 접착 팁의 직경은 80°C에서 측정한 수준과 비교하면 다소 작은 수치이다.

[114] 실리콘박막층이 형성된 PDMS 접착제가 80°C의 고온에 있을 때, 산소 플라즈마처리 만으로 발생하는 직경 감소보다 비교적 큰 직경 감소가 나타나며, 특히, 2분 넘게 산소 플라즈마처리를 진행했을 때 실리콘박막층이 형성됨에 따라 표면이 취성의 특성이 나타나 PDMS 표면에 잔 금들이 발생하게 된다. 따라서, 가장 바람직하게는 2분 동안 산소 플라즈마처리된 PDMS 금형 제작에 활용한다.

[115] 이러한 결과는 실리콘박막층이 형성된 PDMS 접착제가 80°C의 고온에 있을 때, 수직에서 관측되는 접착 팁의 직경 감소는 수평선과 접착 팁이 이루는 각도가 실리콘박막층 방향으로 증가하기 때문에 관측된다. 따라서 수직에서 관측된 직경의 감소 값을 알면 기존의 형상에서 변형된 접착 팁의 각도를 구할 수 있다.

[116] 이상으로부터, 80°C에서 실리콘박막층이 형성된 PDMS 접착제의 변형된 접착 팁의 각도는 제어가 가능하고 변형된 각도는 접착 후 안정적인 탈착을 위한 역할을 수행한다.

[117] <실험예 2> 온도 별 접착력 평가

[118] 상기 실시예 1에서 제조된 스위처블 접착제에 대하여, 예비하중 15N 및 30N 조건에서 상온, 40 내지 100°C까지 온도 범위에서 접착력을 측정하여 하기 표 2에 기재하였다.

[119] [표 2]

[120]

예비하중	접착력, N/cm ²							
	상온	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C
15N	10.80	23.44	11.08	14.15	2.48	1.65	1.40	0.83
30N	25.47	32.58	21.03	6.07	2.85	2.44	2.07	1.35

[121] 상기 표 2의 결과로부터, 예비하중 15N 및 30N의 조건 모두에서 상온에서 높은 평균 접착력을 보였고, 온도 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, 100°C 조건으로 올라갈수록 평균 접착력이 급감하는 결과를 보이고, T_{glass} 온도 이하의 범위 내에서는 온도가 증가할수록 탄성특성을 띄게 되고, 상온의 탄성률보다 최대 3배 이하로 감소하였다.

[122] 반면, 온도 50°C에서는 열 자극이 미미하여 복귀효과에 의한 접착력의 변화가 크게 나타나지 않은 결과를 보였다.

[123] 또한 열 자극 온도가 40°C이하에서는 스위처블 접착제의 접착력이 상온보다 20% 이상 증가한 결과를 확인하였다. 상기 결과는 형상기억 폴리머의 소프트 세그먼트의 반응이 없어 복귀 효과가 전혀 나타나지 않았다. 따라서, 40°C에서는 상온에서의 탄성률 보다 3배 이상 탄성률이 감소함에 따라 끈적끈적한 특성이 나타나게 된다. 이상에서 본 발명은 기재된 구체예에 대해서만 상세히 설명되었지만 본 발명의 기술사상 범위 내에서 다양한 변형 및 수정이 가능함은 당업자에게 있어서 명백한 것이며, 이러한 변형 및 수정이 첨부된 특허청구범위에 속함은 당연한 것이다.

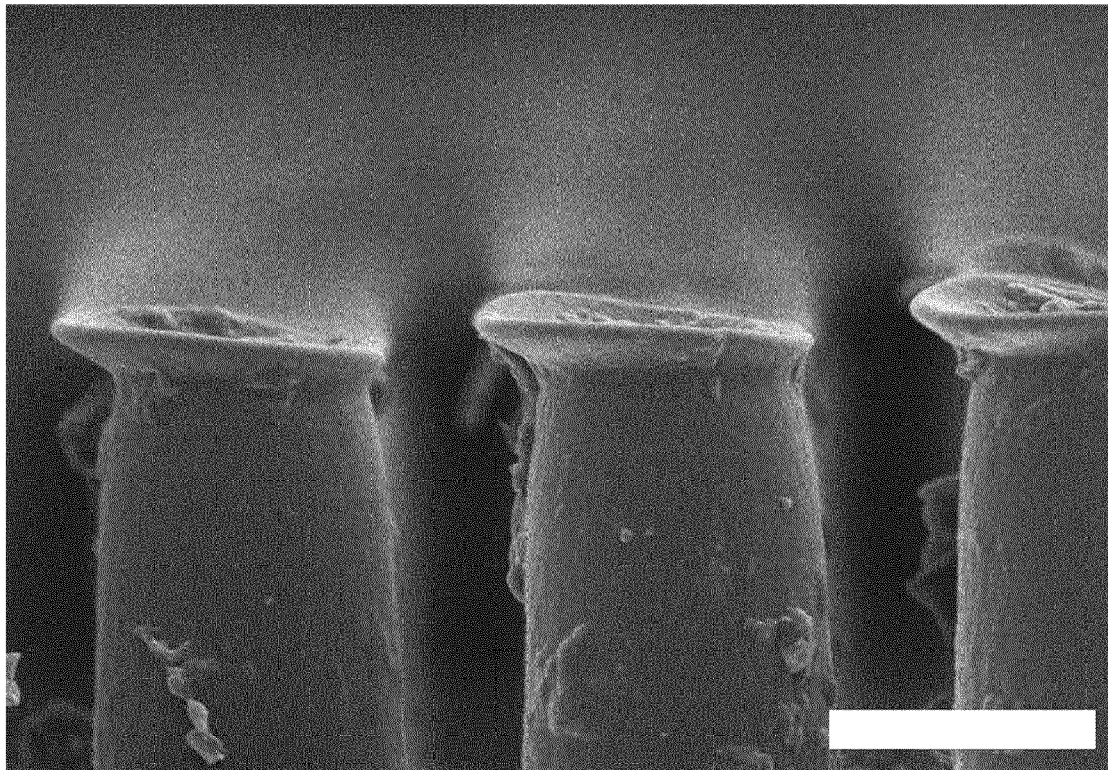
청구범위

- [청구항 1] 복수 개의 미세 섬모로 이루어진 PDMS 금형에 열 경화성 형상기억 폴리머 함유액을 경화시켜 제작되되, 상기 미세 섬모의 단위 섬모가 필러 및 상기 필러 상부가 기울어진 접착 팁 형상이고, 상기 접착 팁 형상이 접착대상 기관에 접착되는 건식 접착구조를 가지는 스위처블 접착제.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 접착 팁 형상이 경사도 10 내지 30°로 기울어진 것을 특징으로 하는 스위처블 접착제.
- [청구항 3] 제1항에 있어서, 상기 스위처블 접착제가 복수 개의 미세 섬모 구조로 금속표면 또는 유리기관 표면의 편평한 표면 또는 종이, 알루미늄, 스틸에서 선택된 거친 표면에 상온 접착된 것을 특징으로 하는 스위처블 접착제.
- [청구항 4] 제1항에 있어서, 상기 열 경화성 형상기억 폴리머가 50 내지 100°C의 열 자극에 복귀 효과를 가지는 폴리머인 것을 특징으로 하는 스위처블 접착제.
- [청구항 5] 제1항에 있어서, 상기 스위처블 접착제가 예비하중 20 내지 30N 조건에서 상온 접착 및 50 내지 100°C의 열 자극 이후 탈착이 반복 가능한 것을 특징으로 하는 스위처블 접착제.
- [청구항 6] PDMS 금형 제작단계 및
상기 PDMS 금형에 열 경화성 형상기억 폴리머 함유액을 붓고 경화하고 디몰딩하는 단계로 기울어진 접착 팁 형상을 가진 복수 개의 미세 섬모로 이루어진 스위처블 접착제를 제조하되,
상기 PDMS 금형 제작단계가 음각의 실리콘 마스터 금형에 PDMS 엘라스토머와 경화제를 함유한 용액을 붓고 경화시켜 디몰딩한 PDMS 예비금형 준비공정,
상기 PDMS 예비금형에 산소 플라즈마처리 공정 및
상기 산소 플라즈마처리된 표면을 실레인 표면처리하고, PDMS 엘라스토머와 경화제를 함유한 용액을 다시 붓고 완전 경화시켜 디몰딩하는 공정으로 수행된, 스위처블 접착제의 제조방법.
- [청구항 7] 제6항에 있어서, 상기 산소 플라즈마처리 공정에 의해 기울어진 접착 팁 형상이 형성된 것을 특징으로 하는 스위처블 접착제의 제조방법.
- [청구항 8] 제6항에 있어서, 상기 산소 플라즈마처리 공정에 의해 PDMS 표면에 PDMS 실리콘박막층이 형성되고,
상기 PDMS 표면 하부에 산소 플라즈마로 처리되지 않은 PDMS 벌크층이 형성된 것을 특징으로 하는 스위처블 접착제의 제조방법.
- [청구항 9] 제8항에 있어서, 상기 PDMS 실리콘박막층 및 PDMS 벌크층간의 열팽창계수 차이로 기울어진 접착 팁 형상이 형성된 것을 특징으로 하는

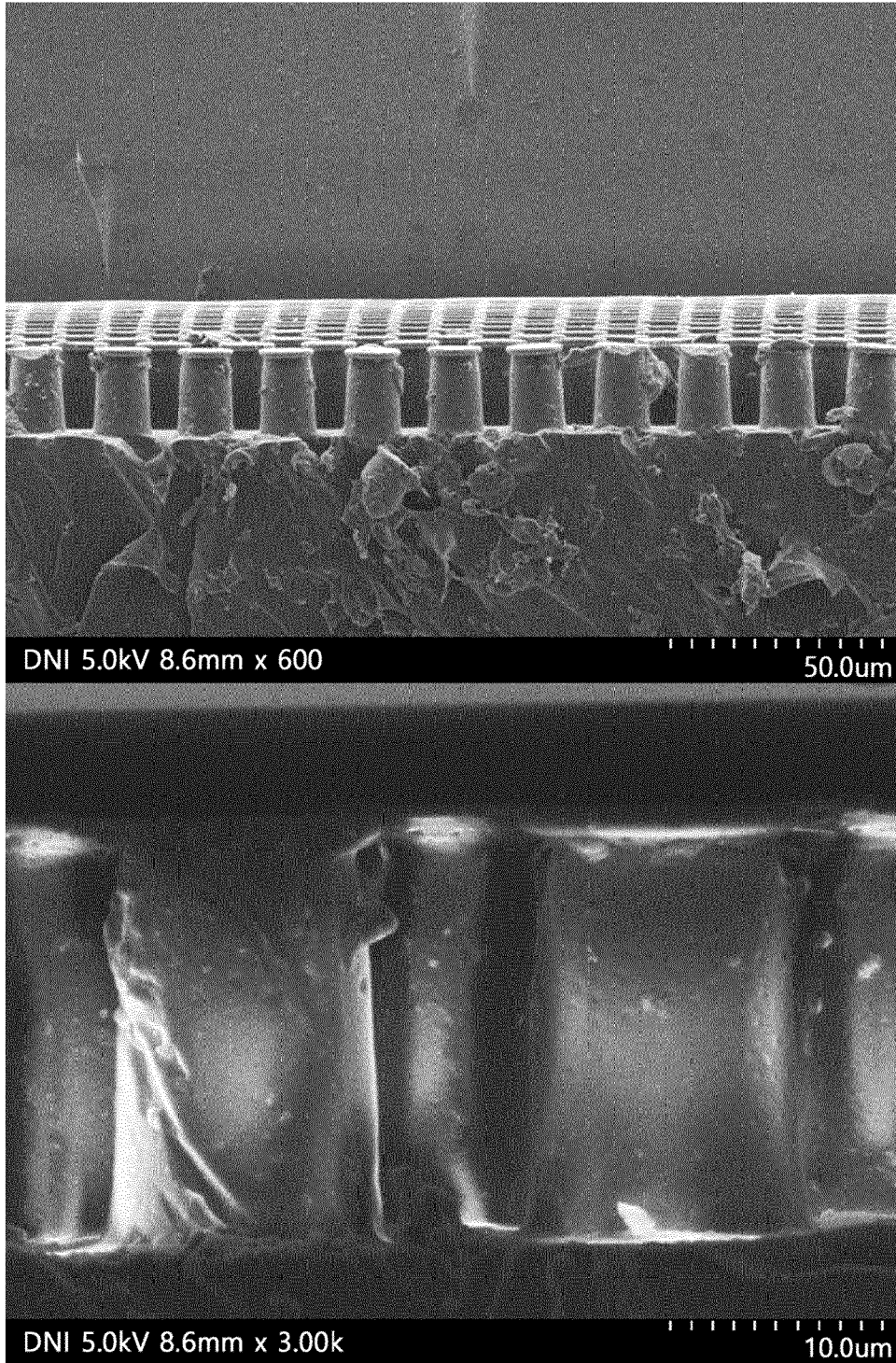
스위치블 접착제의 제조방법.

- [청구항 10] 제6항에 있어서, 상기 기울어진 접착 팁 형상이 경사도 10 내지 30°로 기울어진 것을 특징으로 하는 스위처블 접착제의 제조방법.

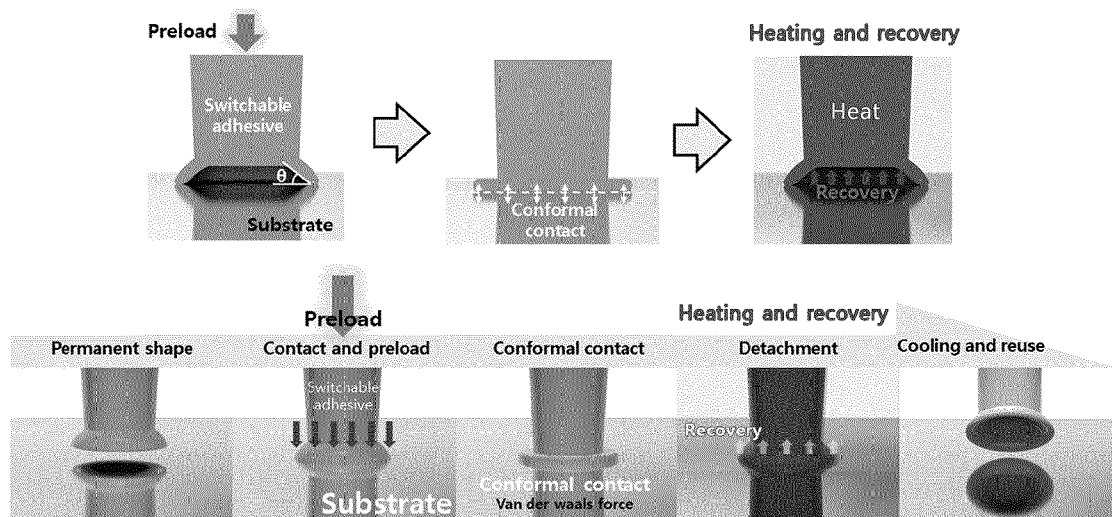
[도 1]



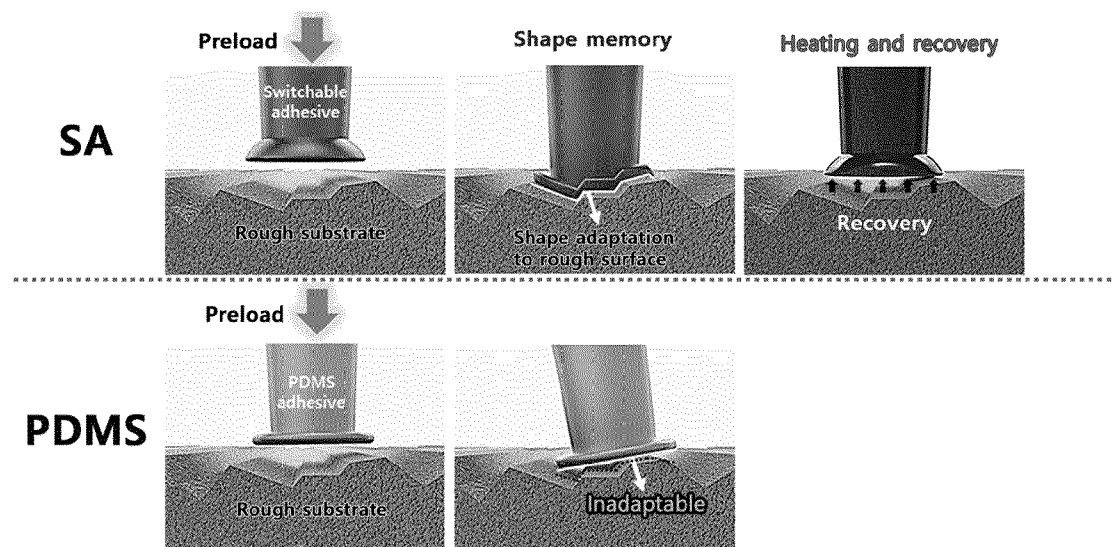
[도2]



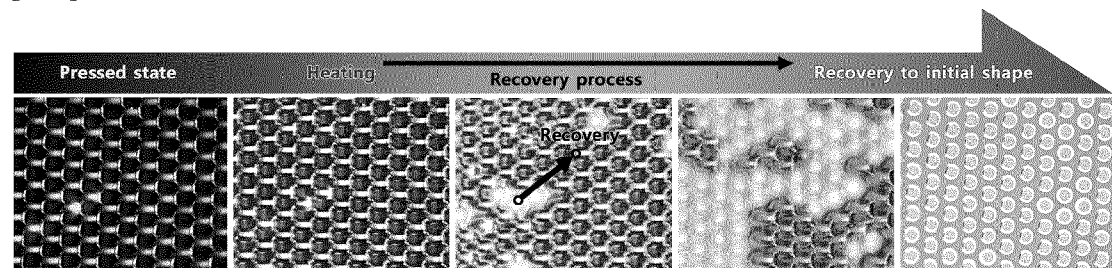
[도3]



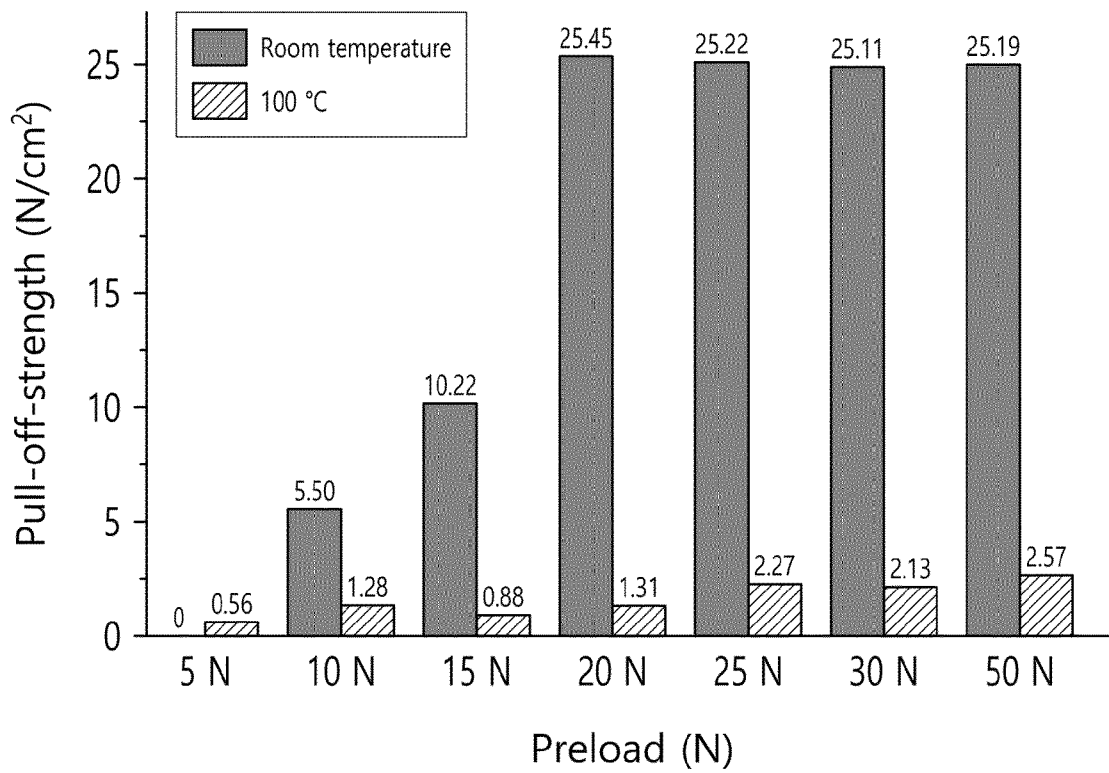
[도4]



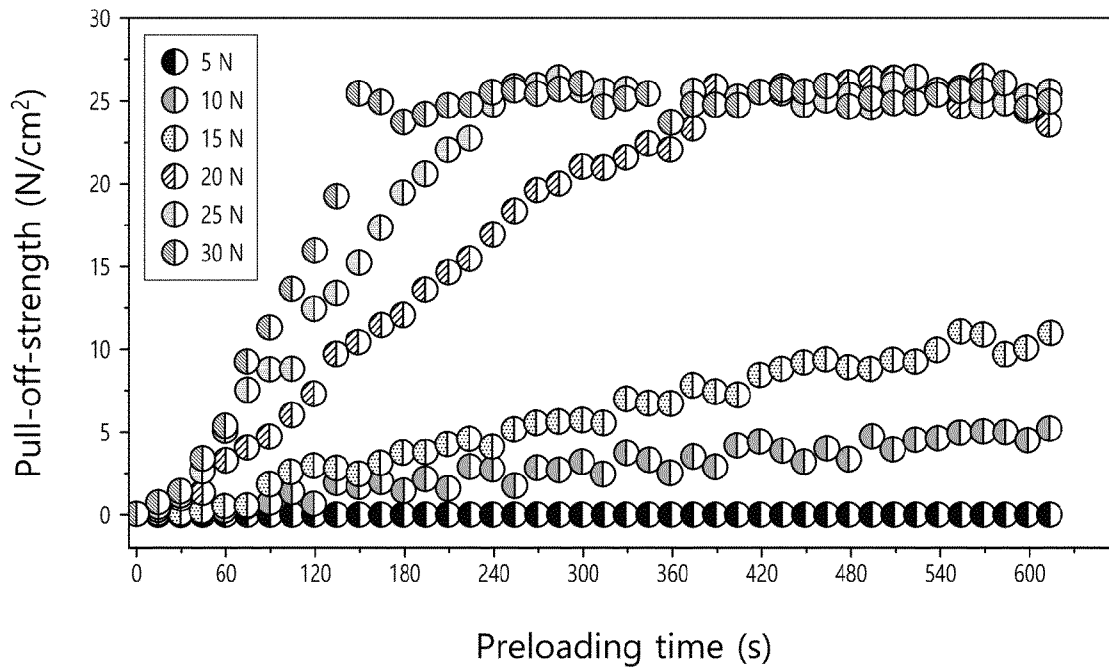
[도5]



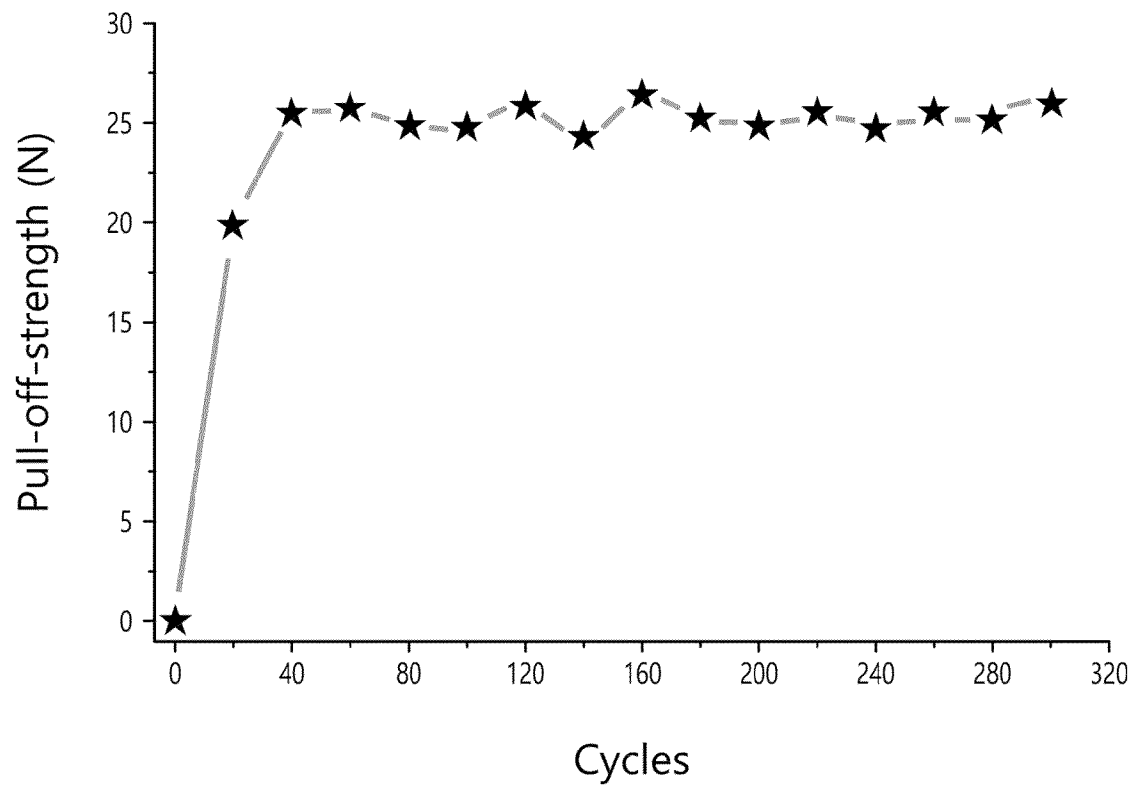
[도6]



[도7]



[도8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2021/001133

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER C09J 9/00(2006.01)i; C09J 5/00(2006.01)i; C09J 201/00(2006.01)i; B29C 39/26(2006.01)i; B29C 39/24(2006.01)i; B29C 33/38(2006.01)i; B29K 83/00(2006.01)n 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) C09J 9/00(2006.01); B29C 33/42(2006.01); B29C 39/00(2006.01); B29C 59/16(2006.01); B65G 49/00(2006.01); B65G 49/06(2006.01); C09J 7/20(2018.01) 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: PDMS, 건식접착(dry adhesive), 패턴(pattern), 형상기억폴리머(shape memory polymer, SMP), 미세 썸모(micro wedge)																	
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X A</td> <td>SEO, J. et al. Micro-wedge array surface of a shape memory polymer as a reversible dry adhesive. Extreme Mechanics Letters. 2016, vol. 9, pp. 207-214. See abstract; and figures 1, 2 and 4.</td> <td>1-5 6-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-1863817 B1 (UNIST(ULSAN NATIONAL INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY)) 01 June 2018 (2018-06-01) See entire document.</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-1814692 B1 (ANDONG NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION) 04 January 2018 (2018-01-04) See entire document.</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-2018-0083150 A (UNIST(ULSAN NATIONAL INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY)) 20 July 2018 (2018-07-20) See entire document.</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X A	SEO, J. et al. Micro-wedge array surface of a shape memory polymer as a reversible dry adhesive. Extreme Mechanics Letters. 2016, vol. 9, pp. 207-214. See abstract; and figures 1, 2 and 4.	1-5 6-10	A	KR 10-1863817 B1 (UNIST(ULSAN NATIONAL INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY)) 01 June 2018 (2018-06-01) See entire document.	1-10	A	KR 10-1814692 B1 (ANDONG NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION) 04 January 2018 (2018-01-04) See entire document.	1-10	A	KR 10-2018-0083150 A (UNIST(ULSAN NATIONAL INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY)) 20 July 2018 (2018-07-20) See entire document.	1-10
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.															
X A	SEO, J. et al. Micro-wedge array surface of a shape memory polymer as a reversible dry adhesive. Extreme Mechanics Letters. 2016, vol. 9, pp. 207-214. See abstract; and figures 1, 2 and 4.	1-5 6-10															
A	KR 10-1863817 B1 (UNIST(ULSAN NATIONAL INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY)) 01 June 2018 (2018-06-01) See entire document.	1-10															
A	KR 10-1814692 B1 (ANDONG NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION) 04 January 2018 (2018-01-04) See entire document.	1-10															
A	KR 10-2018-0083150 A (UNIST(ULSAN NATIONAL INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY)) 20 July 2018 (2018-07-20) See entire document.	1-10															
☒ 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 11 June 2021		Date of mailing of the international search report 11 June 2021															
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/KR2021/001133

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2018-0088357 A (YNG INC) 03 August 2018 (2018-08-03) See entire document.	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2021/001133

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
KR	10-1863817	B1	01 June 2018	None	
KR	10-1814692	B1	04 January 2018	KR 10-2017-0089205	A 03 August 2017
KR	10-2018-0083150	A	20 July 2018	KR 10-1888615	B1 14 August 2018
KR	10-2018-0088357	A	03 August 2018	KR 10-1931917	B1 21 December 2018

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) C09J 9/00(2006.01)i; C09J 5/00(2006.01)i; C09J 201/00(2006.01)i; B29C 39/26(2006.01)i; B29C 39/24(2006.01)i; B29C 33/38(2006.01)i; B29K 83/00(2006.01)n		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) C09J 9/00(2006.01); B29C 33/42(2006.01); B29C 39/00(2006.01); B29C 59/16(2006.01); B65G 49/00(2006.01); B65G 49/06(2006.01); C09J 7/20(2018.01) 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: PDMS, 건식접착(dry adhesive), 패턴(pattern), 형상기억폴리머(shape memory polymer, SMP), 미세 섬모(micro wedge)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X A	Seo, J. 등, "Micro-wedge array surface of a shape memory polymer as a reversible dry adhesive", Extreme Mechanics Letters, 2016, 제9권, 페이지 207-214 요약; 도면 1, 2, 4 참조	1-5 6-10
A	KR 10-1863817 B1 (울산과학기술원) 2018.06.01 전체 문헌	1-10
A	KR 10-1814692 B1 (안동대학교 산학협력단) 2018.01.04 전체 문헌	1-10
A	KR 10-2018-0083150 A (울산과학기술원) 2018.07.20 전체 문헌	1-10
A	KR 10-2018-0088357 A ((주)와이엔지) 2018.08.03 전체 문헌	1-10
☐ 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 2021년06월11일(11.06.2021)		국제조사보고서 발송일 2021년06월11일(11.06.2021)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 정다원 전화번호 +82-42-481-5373

국 제 조 사 보 고 서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호

PCT/KR2021/001133

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1863817 B1	2018/06/01	없음	
KR 10-1814692 B1	2018/01/04	KR 10-2017-0089205 A	2017/08/03
KR 10-2018-0083150 A	2018/07/20	KR 10-1888615 B1	2018/08/14
KR 10-2018-0088357 A	2018/08/03	KR 10-1931917 B1	2018/12/21