

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2020년 7월 9일 (09.07.2020)



(10) 국제공개번호
WO 2020/141665 A1

(51) 국제특허분류:

B25J 9/10 (2006.01)

C08J 7/04 (2006.01)

C09K 19/38 (2006.01)

B32B 27/08 (2006.01)

B32B 27/16 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2019/006694

(22) 국제출원일:

2019년 6월 4일 (04.06.2019)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2019-0000219 2019년 1월 2일 (02.01.2019) KR

(71) 출원인: 서울대학교산학협력단 (SEOUL NATIONAL UNIVERSITY R&DB FOUNDATION) [KR/KR]; 08826 서울시 관악구 관악로 1, Seoul (KR).

(72) 발명자: 조맹호 (CHO, Maeng Hyo); 08826 서울시 관악구 관악로 1, 서울대학교 301동 1401호, Seoul (KR). 성희준 (SUNG, Hee Jun); 08826 서울시 관악구 관악로 1, 서울대학교 301동 1401호, Seoul (KR). 김홍석 (KIM, Hong Seok); 08826 서울시 관악구 관악로 1, 서울대학교 301동 1401호, Seoul (KR). 김현수 (KIM, Hyun Su); 08826 서울시 관악구 관악로 1, 서울대학교 301동 1401호, Seoul (KR).

(74) 대리인: 이인행 등 (LEE, In Haeng et al.); 06739 서울시 서초구 남부순환로364길 8-9 가람빌딩 2층 율민국제특허법률사무소, 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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(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).

규칙 4.17에 의한 선언서:

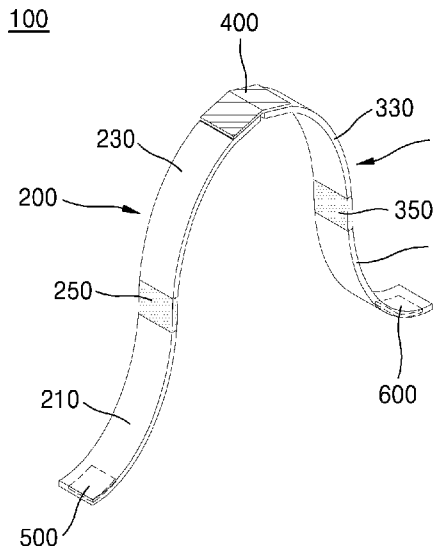
— 신규성을 해치지 아니하는 개시 또는 신규성 상실의 예외에 관한 선언 (규칙 4.17(v))

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(54) Title: PHOTO-RESPONSIVE SELF-DEFORMING STRUCTURE AND METHOD OF DRIVING SAME

(54) 발명의 명칭: 광반응 변형 구조체 및 이의 구동 방법



(57) Abstract: The present invention relates to a photo-responsive self-deforming structure and a method of driving same, wherein a photo-responsive self-deforming structure (100) comprises: a first body part (200) including at least one polymer film that causes bending deformation by light irradiation; a second body part (300) including at least one polymer film that causes bending deformation by light irradiation; and a connection part (400) for mediating a connection between the first body part (200) and the second body part (300), wherein adhesive support parts (500, 600) are respectively formed at one end portion of the first body part (200) and of the second body part (300) which contact the ground (20).

(57) 요약서: 본 발명은 광반응 변형 구조체 및 이의 구동 방법으로서, 광반응 변형 구조체(100)는, 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으키는 적어도 하나의 고분자 필름을 포함하는 제1 바디부(200), 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으키는 적어도 하나의 고분자 필름을 포함하는 제2 바디부(300), 및 제1 바디부(200)와 제2 바디부(300)의 연결을 매개하는 연결부(400)를 포함하고, 제1 바디부(200)와 제2 바디부(300)의 지면(20)에 접촉하는 일단부에는 접촉 지지부(500, 600)가 형성되는 것을 특징으로 한다.

WO 2020/141665 A1

명세서

발명의 명칭: 광반응 변형 구조체 및 이의 구동 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 광반응 변형 구조체 및 이의 구동 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 제어할 수 있는 광반응 변형 구조체 및 이의 구동 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 근래에는 외부로부터의 자극에 의하여 기계적 응답을 보이는 지능형 복합재 작동기들을 구조물의 능동 또는 수동제어에 활용하기 위한 다양한 연구들이 이루어지고 있다.
- [3] 일반적으로 지능형 복합재 작동기는 형상기억합금, 압전소재 및 전기 활성 고분자와 같은 지능형 재료를 이용하며, 이러한 지능형 재료를 구조에 직접 부착하거나 다른 재료에 삽입하여 구동기 형태로 사용할 수 있다.
- [4] 한국 공개특허 제10-2013-0011880호는 지능형 복합재 작동기의 일 예를 개시하고 있다. 상기 문헌에 개시된 복합재 작동기는, 전류 신호와 같은 외부의 신호에 의해 형상이 변형될 수 있는 지능형 재료와, 지능형 재료를 지지하면서 외부 형태를 규정하고 특정방향으로 변형을 억제할 수 있는 방향성 재료를 포함하며, 지능형 재료의 배치 형태와 방향성 재료의 변형 억제 방향성의 조합에 의해 변형을 구현한다.
- [5] 또한, 한국 공개특허 제10-2016-0017278호는 지능형 재료 대신에 와이어를 이용하여 변형을 구현한다. 외부의 힘에 의해 와이어가 당겨짐에 따라 복합재 작동기가 굽힘 또는 비틀림 변형을 일으킨다.
- [6] 또한, 한국 공개특허 제10-2017-0137449호는 광반응 복합재 작동기를 통해 미로를 통과하는 변형을 구현한다.
- [7] 이와 같이 공지된 복합재 작동기들은 변형을 일으키기 위하여, 열을 공급하거나, 전기에너지를 공급하여 재료 내부에 열에너지를 발생시키거나, 직접적인 기계적 인장을 제공하는 것을 필요로 하고 있다.
- [8] 한편, 최근에는 아조벤젠 액정 고분자를 이용하여 지능형 복합재 작동기를 설계하려는 다양한 연구들이 진행되고 있다.
- [9] 아조벤젠은 2개의 벤젠고리가 질소-질소 이중결합에 의해 연결된 구조로 광에 의해 2가지 다른 기하학적 형태로 상호 전환되는 독특한 성질을 가지고 있다. 아조벤젠의 질소-질소 이중결합을 기준으로 양쪽에 연결된 벤젠 고리는 자유롭게 회전하는 단일 결합에 의해 연결되어 있다.
- [10] 질소-질소 이중결합 양 끝단의 벤젠 고리가 같은 방향에 위치하면 시스 형태라고 하고, 서로 다른 방향에 위치하면 트랜스 형태라고 한다. 아조벤젠은 자외선을 받으며 트랜스 형태에서 시스 형태로 변화되며, 가시광선을 받으며

시스 상태에서 트랜스 상태로 분자 구조가 변화되는 광 이성질화 반응을 한다.

- [11] 아조벤젠 액정 고분자는 아조벤젠 또는 아조벤젠 유도체(이하, "아조벤젠"이라 함)를 포함하는 아조벤젠 기반의 액정 고분자로서, 아조벤젠의 광에 의한 이성질화 반응에 의한 광반응 거동 특성을 갖는다. 아조벤젠이 트랜스 형태를 갖고 있는 액정 고분자가 자외선을 받으면 아조벤젠이 이성질화 반응을 일으켜 이웃한 액정 고분자의 네마틱-등방성 상전이 특성을 유도하고, 이에 따라 고분자 소재가 광을 받는 방향으로 굽혀지는 굽힘 변형이 발생한다. 또한, 이러한 아조벤젠 액정 고분자의 광 반응성 변형은 가역 반응으로 가시광선을 받으면 원래의 형태로 복귀하는 것으로 알려져 있다.

- [12] 최근에 이러한 아조벤젠 액정 고분자의 광반응 변형 특성을 이용하여 광반응 액추에이터 등의 작동기를 제작하려는 연구가 활발히 진행되고 있는 데, 아조벤젠 액정 고분자의 이러한 광 변형 특성을 이용하기 위해서는 배향을 통해 광 변형 향성을 결정하는 것이 필요하다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [13] 본 발명은 아조벤젠 액정 고분자의 시스-트랜스 변환을 이용하여 굽힘 변형이 제어 가능한 광반응 변형 구조체 및 이의 구동 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [14] 그리고, 본 발명은 광 조사에 의해서 이동, 보행, 오름, 내림 등이 가능한 광반응 변형 구조체 및 이의 구동 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [15] 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

과제 해결 수단

- [16] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 관점에 따르면, 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으키는 적어도 하나의 고분자 필름을 포함하는 제1 바디부; 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으키는 적어도 하나의 고분자 필름을 포함하는 제2 바디부; 및 제1 바디부와 제2 바디부의 연결을 매개하는 연결부를 포함하고, 제1 바디부와 제2 바디부의 지면에 접촉하는 일단부에는 접촉 지지부가 형성되는, 광반응 변형 구조체가 제공된다.
- [17] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제1 바디부는 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으키는 제1-1 고분자 필름 및 제1-2 고분자 필름을 포함하고, 제2 바디부는 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으키는 제2-1 고분자 필름 및 제2-2 고분자 필름을 포함할 수 있다.
- [18] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제1-1 고분자 필름과 제1-2 고분자 필름 사이에 제1 구속부가 형성되고, 제2-1 고분자 필름과 제2-2 고분자 필름 사이에 제2 구속부가 형성될 수 있다.
- [19] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 고분자 필름은, 고분자 스캐폴드(scaffold)

필름; 고분자 스캐폴드 필름의 표면에 침지되어 코팅된 아조벤젠 액정 고분자; 및 코팅된 상기 아조벤젠 액정 고분자의 표면에 부착된 보호 필름을 포함할 수 있다.

[20] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 접착 지지부와 지면과의 접착력은 광 조사에 의하여 고분자 필름이 굽힘 변형을 일으키는 힘보다 적을 수 있다.

[21] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 연결부는 제1 바디부와 제2 바디부의 타단부를 상호 연결하고, 제1 바디부와 제2 바디부가 굽힘 또는 꺾임 변형이 가능하도록 관절로 작용할 수 있다.

[22] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제1 바디부와 제2 바디부는 복수일 수 있다.

[23] 그리고, 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 관점에 따르면, 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으키는 적어도 하나의 고분자 필름을 포함하는 제1 바디부; 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으키는 적어도 하나의 고분자 필름을 포함하는 제2 바디부; 및 제1 바디부와 제2 바디부의 연결을 매개하는 연결부를 포함하고, 제1 바디부와 제2 바디부의 지면에 접촉하는 일단부에는 접착 지지부가 형성된, 광반응 변형 구조체의 구동 방법으로서, (a) 제1 바디부의 고분자 필름에 광을 조사하여 굽힘 변형을 일으키고, 제1 바디부의 접착 지지부를 지면으로부터 접촉 해제시키는 단계; (b) 제2 바디부의 고분자 필름에 광을 조사하여 굽힘 변형을 일으켜, 제1 바디부를 전진시키는 단계; (c) 제1 바디부의 고분자 필름에 광을 조사하여 (a) 단계와 반대 방향으로의 굽힘 변형을 일으키고, 제1 바디부의 접착 지지부를 지면에 접촉시키는 단계; (d) (b) 단계의 광 조사 부분보다 적어도 하부에 있는 제2 바디부의 고분자 필름에 광을 조사하여 (b) 단계와 반대 방향으로의 굽힘 변형을 일으키고, 제2 바디부의 접착 지지부를 지면으로부터 접촉 해제시키면서 제2 바디부를 전진시키는 단계; (e) 제2 바디부의 고분자 필름에 광을 조사하여 (d) 단계와 반대 방향으로의 굽힘 변형을 일으키고, 제2 바디부의 접착 지지부를 지면에 접촉시키는 단계를 포함하는, 광반응 변형 구조체의 구동 방법이 제공된다.

[24] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제1 바디부는 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으키는 제1-1 고분자 필름 및 제1-2 고분자 필름을 포함하고, 제2 바디부는 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으키는 제2-1 고분자 필름 및 제2-2 고분자 필름을 포함하며, 제1-1 고분자 필름과 제1-2 고분자 필름 사이에 제1 구속부가 형성되고, 제2-1 고분자 필름과 제2-2 고분자 필름 사이에 제2 구속부가 형성될 수 있다.

[25] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, (a) 단계는, 제1 바디부의 제1-1 고분자 필름에 광을 조사하여 굽힘 변형을 일으키고, 제1-1 고분자 필름에 형성된 접착 지지부를 지면으로부터 접촉 해제시키는 단계이고, (b) 단계는, 제2 바디부의 제2-1 고분자 필름에 광을 조사하여 굽힘 변형을 일으켜, 제1 바디부를 미는 힘을 작용하여 제1 바디부를 전진시키는 단계이며, (c) 단계는, 제1 바디부의 제1-1

고분자 필름에 광을 조사하여 (a) 단계와 반대 방향으로의 굽힘 변형을 일으키고, 제1-1 고분자 필름에 형성된 접착 지지부를 지면에 접촉시키는 단계이고, (d) 단계는, 제2 바디부의 제2-1 고분자 필름 및 제2-2 고분자 필름에 광을 조사하여 (b) 단계와 반대 방향으로의 굽힘 변형을 일으키고, 제2 바디부를 전진시키는 단계이며, (e) 단계는, 제2-1 고분자 필름에 광을 조사하여 (d) 단계와 반대 방향으로의 굽힘 변형을 일으키고, 제2-1 고분자 필름에 형성된 접착 지지부를 지면에 접촉시키는 단계일 수 있다.

발명의 효과

- [26] 상기한 바와 같이 이루어진 본 발명의 일 실시예에 따르면, 아조벤젠 액정 고분자의 시스-트랜스 변환을 이용하여 굽힘 변형이 제어 가능한 광반응 변형 구조체 및 이의 구동 방법을 구현할 수 있다.
- [27] 그리고, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 광 조사에 의해서 이동, 보행, 오름, 내림 등이 가능한 효과가 있다.
- [28] 그리고, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 광반응 자가 변형 구조체는 열 반응 없이 특정 파장대의 빛을 통해 그 반응이 일어나며, 가역 반응이기 때문에 반복거동이 가능하여 일정한 운동을 지속적으로 반복 가능한 효과가 있다.
- [29] 그리고, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 광반응이 가능하므로, 투명한 케이스나 물속에 있을 때에도 같은 운동을 반복할 수 있기 때문에 여러 환경에서 구동할 수 있는 효과가 있다.
- [30] 또한, 동작에 필요한 입력은 빛으로써 친환경적인 작동을 할 수 있고, 사용자가 지정한 광 조사 위치와 세기, 시간에 따라 능동적인 제어가 가능한 효과가 있다.
- [31] 물론 이러한 효과에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

- [32] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광반응 변형 구조체를 나타내는 개략도이다.
- [33] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 광반응 특성을 가지는 고분자 필름을 나타내는 개략도이다.
- [34] 도 3내지 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 광반응 변형 구조체의 동작 과정을 나타낸다.
- [35] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광반응 변형 구조체를 나타내는 개략도이다.
- [36] 도 10 내지 도 12는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광반응 변형 구조체의 전진 동작 과정을 나타낸다.
- [37] 도 13 내지 도 15는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광반응 변형 구조체의 오름 동작 과정을 나타낸다.
- [38] <부호의 설명>
- [39] 100: 광반응 변형 구조체

- [40] 200: 제1 바디부
- [41] 210: 제1-1 고분자 필름
- [42] 230: 제1-2 고분자 필름
- [43] 250: 제1 구속부
- [44] 300: 제2 바디부
- [45] 310: 제2-1 고분자 필름
- [46] 330: 제2-2 고분자 필름
- [47] 350: 제2 구속부
- [48] 400: 연결부
- [49] 500, 600: 접착 지지부

발명의 실시를 위한 형태

- [50] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예에 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는, 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭하며, 길이 및 면적, 두께 등과 그 형태는 편의를 위하여 과장되어 표현될 수도 있다.
- [51] 이하에서는, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 하기 위하여, 본 발명의 바람직한 실시예들에 관하여 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [52] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광반응 변형 구조체(100)를 나타내는 개략도이다.
- [53] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 광반응 변형 구조체(100)는 제1 바디부(200), 제2 바디부(300) 및 연결부(400)를 포함할 수 있다. 그리고, 제1 바디부(200)와 제2 바디부(300)의 지면에 접촉하는 일단부(하단부)에는 접착 지지부(500, 600)가 형성될 수 있다.
- [54] 제1 바디부(200)는 광반응 변형 구조체(100)의 앞 부분에 대응할 수 있다. 제1 바디부(200)는 광반응 변형 구조체(100)가 이동하는데 있어서, 앞 발과 같이 작용할 수 있다.
- [55] 제1 바디부(200)는 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으킬 수 있는 적어도

하나의 고분자 필름(210, 230)을 포함할 수 있다. 본 명세서에서는 제1 바디부(200)가 제1-1 고분자 필름(210), 제1-2 고분자 필름(230)을 포함하는 것으로 상정하여 설명하나, 제1 바디부(200)는 하나의 길다란 고분자 필름만을 포함한 형태일 수도 있다.

- [56] 고분자 필름(10)은 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으킬 수 있다. 더욱 구체적으로, 고분자 필름(10)은 아조벤젠 액정 고분자의 시스-트랜스 변환을 이용하여 굽힘 변형이 제어 가능하며, 열 반응 없이 특정 파장대의 빛을 통하여 굽힘 변형을 일으킬 수 있다. 제1-1 고분자 필름(210), 제1-2 고분자 필름(230), 제2-1 고분자 필름(310), 제2-2 고분자 필름(330) 등은 고분자 필름(10)과 동일한 구성을 가질 수 있다.
- [57] 고분자 필름(10)의 굽힘 변형은 가역 반응이기 때문에 반복거동이 가능하여 일정한 운동을 지속적으로 반복 가능할 수 있으며, 투명한 케이스나 물속에 있을 때에도 같은 운동을 반복할 수 있기 때문에 여러 환경에서 구동할 수 있는 효과가 있다.
- [58] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 광반응 특성을 가지는 고분자 필름(10)을 나타내는 개략도이다.
- [59] 도 2에 도시된 바와 같이, 고분자 필름(10)은 고분자 스캐폴드(scaffold) 필름(11), 고분자 스캐폴드 필름(11)의 표면에 침지되어 코팅된 아조벤젠 액정 고분자(12) 및 코팅된 아조벤젠 액정 고분자(12)의 표면에 부착된 보호 필름(13)을 포함할 수 있다.
- [60] 구체적으로, 고분자 스캐폴드 필름(11)은 필름 형태로 제조된 고분자 스캐폴드이다. 고분자 스캐폴드 필름(11)은 Poly Lactic Acid(PLA), Poly(Lactic-Co-Glycolic acid) (PLGA), Poly(DiMethylSiloxane) (PDMS), Polycaprolactone (PCL) 등을 포함하여 다양한 소재가 사용될 수 있다.
- [61] 고분자 스캐폴드는 예를 들면, 전기방사(electrospinning) 공정에 의해 마이크로미터 또는 나노미터 급의 직경을 갖는 고분자 섬유를 집진판에 방출하여 제조된 리본 또는 그물망 형태 구조를 갖도록 제작된 2차원 직조물이다. 그러나, 본 발명에 따른 고분자 스캐폴드 필름(11)은 구체적인 가공방법이나 미세 구조에 의해 제한되지 않는다. 고분자 스캐폴드는 예컨대 마이크로미터 급의 다공 패턴을 갖는 고분자 기지재를 구성하기 위한 마이크로몰딩(micromolding) 공정 및 스핀코팅(spincoating) 공정, 실린지에 젤 상태의 고분자를 넣어 그 끝단의 마이크로 니들로 2차원 패턴을 그리는 microsyringe deposition method 공정을 통해 제작될 수 있다.
- [62] 아조벤젠 액정 고분자(12)는 고분자 스캐폴드 필름(11) 내의 패턴 내로 침투하면서 침지되어 코팅될 수 있다.
- [63] 더욱 구체적으로, 아조벤젠 액정 고분자(12)는 아조벤젠 또는 아조벤젠 유도체를 포함하는 아조벤젠 기반의 액정 고분자로서, 아조벤젠의 광에 의한 이성질화 반응에 의한 광반응 거동 특성을 갖는다.

- [64] 아조벤젠은 2개의 벤젠고리가 질소-질소 이중결합에 의해 연결된 구조로 광에 의해 2가지 다른 기하학적 형태로 상호 전환되는 독특한 성질을 가지고 있다. 아조벤젠의 질소-질소 이중결합을 기준으로 양쪽에 연결된 벤젠 고리는 자유롭게 회전하는 단일 결합에 의해 연결되어 있다. 질소-질소 이중결합 양 끝단의 벤젠 고리가 같은 방향에 위치하면 시스 형태라고 하고, 서로 다른 방향에 위치하면 트랜스 형태라고 한다. 아조벤젠은 자외선을 받으며 트랜스 형태에서 시스 형태로 변화되며, 가시광선을 받으며 시스 형태에서 트랜스 형태로 분자 구조가 변화되는 광 이성질화 반응을 한다.
- [65] 즉, 아조벤젠이 트랜스 형태를 갖고 있는 액정 고분자가 자외선을 받으면 아조벤젠이 이성질화 반응을 일으켜 이웃한 액정 고분자의 네마틱-등방성 상전이 특성을 유도하고, 이에 따라 고분자 소재가 광을 받는 방향으로 굽혀지는 굽힘 변형이 발생하고, 아조벤젠 액정 고분자의 광 반응성 변형은 가역 반응으로 가시광선을 받으면 원래의 형태로 변형이 발생할 수 있다.
- [66] 보호 필름(13)은 코팅된 아조벤젠 액정 고분자(12)의 표면에 부착될 수 있다. 보호 필름(13)은 고분자 필름(10)이 높은 장력에서도 파단이 일어나지 않도록 지지하며, 고분자 필름(10)의 굽힘 변형을 저해하지 않는 유연한 소재가 사용될 수 있다.
- [67] 이와 같이 제조된 고분자 필름(10)은 굽힘이 필요한 곳에 자외선 레이저나 자외선 LED를 이용하여 자외선을 조사하면, 자외선을 받는 표면이 국부적으로 수축하여 고분자 필름 전체에 굽힘 변형이 일어나게 된다.
- [68] 굽힘 변형의 방향은 광의 조사 방향에 따라 고분자 필름의 상면 또는 하면이 될 수 있지만, 본 발명에 따르면 고분자 필름의 이러한 변형 특성이 고분자 스캐폴드 필름(11)에 코팅된 아조벤젠 액정 고분자(12)에서 아조벤젠 분자의 배향 방향과 무관하다. 즉, 본 발명에 따르면, 아조벤젠 액정 고분자(12)는 고분자 스캐폴드 필름(11)에 코팅되는 것 외에 별도의 배향을 필요로 하지 않는다.
- [69] 제1 구속부(250)는 제1-1 고분자 필름(210)과 제1-2 고분자 필름(230)이 연결될 수 있도록 제1-1 고분자 필름(210)과 제1-2 고분자 필름(230) 사이에 형성될 수 있다.
- [70] 제1 구속부(250)는 제1-1 고분자 필름(210) 및 제1-2 고분자 필름(230)이 서로 다른 방향 또는 같은 방향으로 다중 굽힘 거동을 구사할 수 있도록, 제1-1 고분자 필름(210)과 제1-2 고분자 필름(230)을 연결하도록 형성될 수 있다. 제1 구속부는 빛이 투과되지 않는 테이프로 형성될 수 있다.
- [71] 예컨대, 제1 구속부(250)의 일측에는 제1-1 고분자 필름(210)이 형성되고, 타측에는 제1-2 고분자 필름(230)이 형성되어 제1-1 고분자 필름(210)에 광이 조사될 경우 제1-2 고분자 필름(230)에는 광이 전달되지 않아 제1-1 고분자 필름(210)에만 굽힘 변형을 일으킬 수 있으며, 제1-2 고분자 필름(230)에 광이 조사될 경우 제1-1 고분자 필름(210)에는 광이 전달되지 않아 제1-2 고분자 필름(230)에만 굽힘 변형을 일으킬 수 있다.

- [72] 한편, 제1-1 고분자 필름(210) 및 제1-2 고분자 필름(230)는 일체로 형성된 길다란 고분자 필름일 수 있으며, 빛이 투과되지 않는 테이프로 형성된 제1 구속부(250)가 중간에 부착되어 제1-1 고분자 필름(210) 및 제1-2 고분자 필름(230)을 구분시킴으로써, 하부에 형성된 제1-1 고분자 필름(210)과 상부에 형성된 제1-2 고분자 필름(230)이 각각 개별로 반응하게 할 수 있다.
- [73] 제2 바디부(300)는 광반응 변형 구조체(100)의 뒷 부분에 대응할 수 있다. 제2 바디부(200)는 광반응 변형 구조체(100)가 이동하는데 있어서, 뒷 발과 같이 작용할 수 있다.
- [74] 제2 바디부(300)는 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으킬 수 있는 적어도 하나의 고분자 필름(310, 330)을 포함할 수 있다. 본 명세서에서는 제2 바디부(300)가 제2-1 고분자 필름(310), 제2-2 고분자 필름(330)을 포함하는 것으로 상정하여 설명하나, 제2 바디부(300)는 하나의 길다란 고분자 필름만을 포함한 형태일 수도 있다.
- [75] 제2 구속부(350)는 제2-1 고분자 필름(310)과 제2-2 고분자 필름(330)이 연결될 수 있도록 제2-1 고분자 필름(310)과 제2-2 고분자 필름(330) 사이에 형성될 수 있다.
- [76] 이하, 제2 바디부(300)의 구성은 제1 바디부(200)와 동일하므로, 구체적인 설명은 생략한다.
- [77] 연결부(400)는 적어도 하나의 제1 바디부(200)와 적어도 하나의 제2 바디부(300)를 연결할 수 있다. 도 1에는 연결부(400)가 하나의 제1 바디부(200)와 하나의 제2 바디부(300)를 연결한 형태를 도시하고, 도 9는 연결부(400)가 두개의 제1 바디부(200)와 두개의 제2 바디부(300)를 연결한 형태를 도시한다. 연결부(400)에 연결되는 제1 바디부(200)와 제2 바디부(300)의 개수는 구현하고자 하는 구조체의 특성에 따라 적절히 변형될 수 있고, 제1 바디부(200)와 제2 바디부(300)의 개수를 서로 상이하게 구성할 수도 있다. 예를 들어, 좁은 통로를 빠르게 이동시키기 위해서는 도 1과 같이 제1 바디부(200)와 제2 바디부(300)를 각각 하나씩 배치하여 두 개의 발을 가진 광반응 변형 구조체(100)를 구현할 수 있다. 또, 예를 들어, 이동에 안정성을 높이기 위해서는 도 9와 같이 제1 바디부(200)와 제2 바디부(300)를 각각 두개씩 배치하여 네 개의 발을 가진 광반응 변형 구조체(100)를 구현할 수 있다. 또, 예를 들어, 두 개의 제1 바디부(200)와 하나의 제2 바디부(300)를 배치하여 광반응 변형 구조체(100)를 구현할 수도 있다.
- [78] 연결부(400)는 제1 바디부(200)와 제2 바디부(300)의 타단부(상단부)를 상호 연결함과 동시에, 제1 바디부(200)와 제2 바디부(300)가 굽힘, 꺾임 등의 변형이 가능하게 하는 관절로 작용할 수 있다. 이를 위해, 연결부(400)는 유연성 있는 고분자 재질, 테이프, 기타 힌지 수단 등을 제한없이 채용할 수 있다.
- [79] 접착 지지부(500, 600)는 각각 제1 바디부(200), 제2 바디부(300)의 일단부(하단부)에 형성될 수 있다. 접착 지지부(500, 600)는 제1 바디부(200), 제2

바디부(300)가 지면(20)[도 3 참조]에 접촉되거나 마찰력을 가지고 접촉되도록 할 수 있다. 지면(20)에 접촉되는 면적을 확보할 수 있도록, 접촉 지지부(500, 600)는 제1, 2 바디부(200, 300)의 일단부에서 면 상에 형성되는 것이 바람직하다. 그리고, 지면(20)과 접촉될 때, 제1 바디부(200), 제2 바디부(300)가 미끄러지지 않도록, 접촉 지지부(500, 600)는 소정의 접촉력을 가지는 접촉소재, 접촉테이프 등이나, 마찰력을 가지는 고무, 탄성소재 등으로 형성될 수 있다.

[80] 접촉 지지부(500, 600)와 지면(20)과의 접촉력은 광 조사에 의하여 고분자 필름(10)이 굽힘 변형을 일으키는 힘보다는 적은 것이 바람직하다. 다시 말해, 제1 바디부(200)의 제1-1 고분자 필름(210) 또는 제2 바디부(300)의 제2-1 고분자 필름(310)에 각각 형성된 접촉 지지부(500, 600)는, 제1-1 고분자 필름(210), 제2-1 고분자 필름(310)이 광 조사에 의한 굽힘 변형을 일으킬 때, 지면(20)과의 접촉을 해제할 수 있다. 제1-1 고분자 필름(210)의 접촉 지지부(500) 부분, 제2-1 고분자 필름(310)의 접촉 지지부(600) 부분이 지면(20)과의 접촉을 해제함에 따라, 제1-1 고분자 필름(210), 제2-1 고분자 필름(310)이 지면(20)에 지지되지 않고 미끄러질 수 있다. 이에 따라서 제1 바디부(200), 제2 바디부(300)를 이동시킬 수 있게 된다.

[81] 도 3 내지 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 광반응 변형 구조체(100)의 동작 과정을 나타낸다. 이하에서, 광반응 변형 구조체(100)가 이동하는 방향인 왼쪽 방향을 "전(全) 방향"으로 지칭하고, 왼쪽으로 이동하는 것을 "전진(FW)"으로 지칭하며, 각 고분자 필름(210, 230, 310, 330)의 왼쪽면을 "전면"으로 지칭한다. 반대의 경우는 "후 방향", "후진", "후면"으로 지칭한다. 또한, 설명의 편의상 각 고분자 필름(210, 230, 310, 330)이 왼쪽(전면 방향)으로 굽어진 상태를 "제1 형태", 오른쪽(후면 방향)으로 굽어진 상태를 "제2 형태"로 지칭한다.

[82] 도 3 내지 도 8을 참조하면, 광반응 변형 구조체(100) 및 이를 구동시키기 위한 시스템이 도시된다. 각각의 고분자 필름(210, 230, 310, 330)의 양면에는 자외선, 가시광선 등의 광을 조사할 수 있는 광 조사부(51~58)가 배치될 수 있다. 다만, 이에 제한되는 것은 아니며, 이보다 적은 개수의 광 조사부가 이동 수단(미도시)에 설치되어 각각의 고분자 필름(210, 230, 310, 330)의 양면에 광을 조사할 수도 있다.

[83] 먼저, 도 3을 참조하면, 제1, 2 바디부(200, 300)의 접촉 지지부(500, 600)는 지면(20)에 접촉된 상태일 수 있다. 즉, 제1-1 고분자 필름(210) 및 제2-1 고분자 필름(310)의 하부가 지면(20)에 소정 면적 접촉되도록 굽힘 변형된 상태일 수 있다. 제1-2 고분자 필름(230), 제2-1 고분자 필름(310)은 제1 형태(왼쪽으로 굽어진 상태), 제1-1 고분자 필름(210), 제2-2 고분자 필름(330)은 제2 형태(오른쪽으로 굽어진 상태)일 수 있다. 따라서, 광반응 변형 구조체(100)는 이동하지 않고 지면(20) 상에서 정지된 상태를 유지할 수 있다.

[84] 다음으로, 도 4를 참조하면, 제1-1 고분자 필름(210)의 후면에 광 조사부(52)가 광을 조사할 수 있다. 제1-1 고분자 필름(210)은 전면 방향으로 굽혀지며 제2 형태에서 제1 형태로 변형될 수 있다. 동시에, 제1-1 고분자 필름(210)의 굽힘

변형을 일으키는 힘이 접착 지지부(500)의 지면(20)과의 접착력보다 강하므로, 접착 지지부(500)가 지면(20)과 접촉 해제되어 떨어질 수 있다.

[85] 다음으로, 도 5를 참조하면, 제2-2 고분자 필름(330)의 후면에 광 조사부(57)가 광을 조사할 수 있다. 제2-2 고분자 필름(330)은 전면 방향으로 굽혀지며 제2 형태에서 제1 형태로 변형될 수 있다. 제2-2 고분자 필름(330)이 굽힘 변형되면서 전면 방향을 향해 누르는 힘(C)을 인가할 수 있다. 제1 바디부(200)의 접착 지지부(500)는 지면(20)과 접촉된 상태가 아니므로, 이 누르는 힘(C)에 의해 제1 바디부(200)가 소정 거리만큼 전진(FW)할 수 있다.

[86] 다음으로, 도 6을 참조하면, 제1-1 고분자 필름(210)의 전면에 광 조사부(51)가 광을 조사할 수 있다. 제1-1 고분자 필름(210)은 후면 방향으로 굽혀지며 제1 형태에서 제2 형태로 변형될 수 있다. 제2 형태로 변형되면서 제1-1 고분자 필름(210)의 접착 지지부(500)가 지면(20)과 접촉된 상태가 될 수 있고, 접착 지지부(500)의 지면(20) 접촉에 의해 제1 바디부(200)는 이동하지 않고 고정될 수 있다.

[87] 다음으로, 도 7을 참조하면, 제2-1 고분자 필름(310) 및 제2-2 고분자 필름(330)의 전면에 광 조사부(56, 58)가 광을 조사할 수 있다. 제2-1 고분자 필름(310) 및 제2-2 고분자 필름(330)은 후면 방향으로 굽혀지며 제1 형태에서 제2 형태로 변형될 수 있다. 제2 형태로 변형되면서 제2-1 고분자 필름(310)의 접착 지지부(600)가 지면(20)과 접촉 해제되어 떨어질 수 있다. 동시에, 제1 바디부(200)의 접착 지지부(500)는 지면(20)에 접촉된 상태를 유지하고, 제2-1 고분자 필름(310) 및 제2-2 고분자 필름(330)이 제2 형태로 변형되면서 전면 방향으로 당겨(FO)질 수 있게 된다. 이에 따라, 제2 바디부(300)가 전진할 수 있다.

[88] 다음으로, 도 8을 참조하면, 제2-1 고분자 필름(310)의 후면에 광 조사부(55)가 광을 조사할 수 있다. 제2-1 고분자 필름(310)은 전면 방향으로 굽혀지며 제2 형태에서 제1 형태로 변형될 수 있다. 제1 형태로 변형되면서 제2-1 고분자 필름(310)의 접착 지지부(600)가 지면(20)과 접촉된 상태가 될 수 있고, 접착 지지부(600)의 지면(20) 접촉에 의해 제2 바디부(300)는 이동하지 않고 고정될 수 있다.

[89] 도 8의 상태는 도 3의 초기 상태와 동일하다. 도 3 내지 도 8의 과정을 반복하여, 광반응 변형 구조체(100)가 미끄러지는 듯하게 전진(FW)하는 동작을 수행할 수 있다.

[90] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광반응 변형 구조체(100')를 나타내는 개략도이다. 이하에서는, 도 1의 광반응 변형 구조체(100)와 차이점에 대해서만 설명한다. 동일한 구성에 대해서는 동일한 부호를 병기하였고, 다만, 복수의 개수를 가지는 구성에 대해서는 부호에 "-1", "-2"를 부기하였음을 밝혀둔다.

[91] 도 9를 참조하면, 광반응 변형 구조체(100')는 복수의 제1 바디부(200: 200-1, 200-2) 및 복수의 제2 바디부(300: 300-1, 300-2)를 포함할 수 있다. 광반응 변형

구조체(100')가 이동하는데 있어서, 두 개의 제1 바디부(200-1, 200-2)는 두 개의 앞 발과 같이 작용하고, 두 개의 제2 바디부(300-1, 300-2)는 두 개의 뒷 발과 같이 작용할 수 있다.

[92] 각각의 제1 바디부(200: 200-1, 200-2)는 각각 제1-1 고분자 필름(210: 210-1, 210-2), 제1-2 고분자 필름(230: 230-1, 230-2), 제1 구속부(250: 250-1, 250-2), 접착 지지부(500: 500-1, 500-2)를 포함할 수 있다.

[93] 그리고, 각각의 제2 바디부(300: 300-1, 300-2)는 각각 제2-1 고분자 필름(310: 310-1, 310-2), 제2-2 고분자 필름(330: 330-1, 330-2), 제2 구속부(350: 350-1, 350-2), 접착 지지부(600: 600-1, 600-2)를 포함할 수 있다.

[94] 연결부(400)는 두 개의 제1 바디부(200-1, 200-2) 및 두 개의 제2 바디부(300-1, 300-2)의 타단부(상단부)를 상호 연결할 수 있다.

[95] 도 10내지 도 12는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광반응 변형 구조체(100')의 전진 동작 과정을 나타낸다.

[96] 먼저, 도 10의 (a)를 참조하면, 모든 제1, 2 바디부(200, 300)의 접착 지지부(500, 600)는 지면(20)에 접촉된 상태일 수 있다. 즉, 제1-1 고분자 필름(210) 및 제2-1 고분자 필름(310)의 하부가 지면(20)에 소정 면적 접촉되도록 굽힘 변형된 상태일 수 있다. 제1-2 고분자 필름(230-1, 230-2), 제2-1 고분자 필름(310-1, 310-2)은 제1 형태(왼쪽으로 굽어진 상태), 제1-1 고분자 필름(210-1, 210-2), 제2-2 고분자 필름(330-1, 330-2)은 제2 형태(오른쪽으로 굽어진 상태)일 수 있다. 따라서, 광반응 변형 구조체(100')는 이동하지 않고 지면(20) 상에서 정지된 상태를 유지할 수 있다.

[97] 다음으로, 도 10의 (b) 및 (c)를 참조하면, 제1-1 고분자 필름(210-1)과 제1-1 고분자 필름(210-2)의 후면에 광 조사부가 광(L)을 순차적으로, 또는 동시에 조사할 수 있다. 제1-1 고분자 필름(210-1), 제1-1 고분자 필름(210-2)은 전면 방향으로 굽혀지며 제2 형태에서 제1 형태로 변형될 수 있다. 동시에, 제1-1 고분자 필름(210-1)의 접착 지지부(500-1), 제1-1 고분자 필름(210-2)의 접착 지지부(500-2)가 지면(20)과 접촉 해제되어 떨어질 수 있다.

[98] 다음으로, 도 10의 (d)를 참조하면, 두 개의 제2-2 고분자 필름(330-1, 330-2)의 후면에 광 조사부가 광(L)을 조사할 수 있다. 제2-2 고분자 필름(330-1, 330-2)은 전면 방향으로 굽혀지며 제2 형태에서 제1 형태로 변형될 수 있다. 제2-2 고분자 필름(330)이 굽힘 변형되면서 전면 방향을 향해 누르는 힘을 인가할 수 있다. 두 개의 제1 바디부(200-1, 200-2)의 접착 지지부(500-1, 500-2)는 지면(20)과 접촉된 상태가 아니므로, 이 누르는 힘에 의해 제1 바디부(200-1, 200-2)가 소정 거리만큼 전진(FW)할 수 있다.

[99] 다음으로, 도 11의 (e) 및 (f)를 참조하면, 제1-1 고분자 필름(210-1)과 제1-1 고분자 필름(210-2)의 전면에 광 조사부가 광(L)을 순차적으로, 또는 동시에 조사할 수 있다. 제1-1 고분자 필름(210-1), 제1-1 고분자 필름(210-2)은 후면 방향으로 굽혀지며 제1 형태에서 제2 형태로 변형될 수 있다. 제2 형태로

변형되면서 제1-1 고분자 필름(210-1)의 접착 지지부(500-1), 제1-1 고분자 필름(210-2)의 접착 지지부(500-2)가 지면(20)과 접촉된 상태가 될 수 있고, 접착 지지부(500-1, 500-2)의 지면(20) 접촉에 의해 제1 바디부(200-1, 200-2)는 이동하지 않고 고정될 수 있다.

[100] 다음으로, 도 11의 (g) 및 (h)를 참조하면, 제2-1 고분자 필름(310-1)과 제2-1 고분자 필름(310-2)의 전면에 광 조사부가 광(L)을 순차적으로, 또는 동시에 조사할 수 있다. 제2-1 고분자 필름(310-1), 제2-1 고분자 필름(310-2)은 후면 방향으로 굽혀지며 제1 형태에서 제2 형태로 변형될 수 있다. 동시에, 제2-1 고분자 필름(310-1)의 접착 지지부(600-1), 제2-1 고분자 필름(310-2)의 접착 지지부(600-2)가 지면(20)과 접촉 해제되어 떨어질 수 있다.

[101] 다음으로, 도 12의 (i) 및 (j)를 참조하면, 제2-2 고분자 필름(330-1)과 제2-2 고분자 필름(330-2)의 전면에 광 조사부가 광(L)을 순차적으로, 또는 동시에 조사할 수 있다. 제2-2 고분자 필름(330-1), 제2-2 고분자 필름(330-2)은 후면 방향으로 굽혀지며 제1 형태에서 제2 형태로 변형될 수 있다. 동시에, 제1 바디부(200-1, 200-2)의 접착 지지부(500-1, 500-2)는 지면(20)에 접촉된 상태를 유지하고, 제2-2 고분자 필름(330-1, 330-2)이 제2 형태로 변형되면서 제2 바디부(300-1, 300-2)가 전면 방향으로 당겨(FO)질 수 있게 된다. 이에 따라, 제2 바디부(300-1, 300-2)가 전진할 수 있다.

[102] 다음으로, 도 12의 (k) 및 (l)을 참조하면, 제2-1 고분자 필름(310-1)과 제2-1 고분자 필름(310-2)의 후면에 광 조사부가 광(L)을 순차적으로, 또는 동시에 조사할 수 있다. 제2-1 고분자 필름(310-1), 제2-1 고분자 필름(310-2)은 전면 방향으로 굽혀지며 제2 형태에서 제1 형태로 변형될 수 있다. 제1 형태로 변형되면서 제2-1 고분자 필름(310-1, 310-2)의 접착 지지부(600-1, 600-2)가 지면(20)과 접촉된 상태가 될 수 있고, 접착 지지부(600-1, 600-2)의 지면(20) 접촉에 의해 제2 바디부(300-1, 300-2)는 이동하지 않고 고정될 수 있다.

[103] 도 12의 (l)의 상태는 도 10의 (a)의 초기 상태와 동일하다. 도 10의 (a) 내지 도 12의 (l)의 과정을 반복하여, 광반응 변형 구조체(100')가 네 발로 보행하는 듯하게 전진(FW)하는 동작을 수행할 수 있다.

[104] 도 13 내지 도 15는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광반응 변형 구조체(100')의 오름 동작 과정을 나타낸다.

[105] 먼저, 도 13의 (a)를 참조하면, 모든 제1, 2 바디부(200, 300)의 접착 지지부(500, 600)는 지면(20)에 접촉된 상태일 수 있다. 즉, 제1-1 고분자 필름(210) 및 제2-1 고분자 필름(310)의 하부가 지면(20)에 소정 면적 접촉되도록 굽힘 변형된 상태일 수 있다. 제1-2 고분자 필름(230-1, 230-2), 제2-1 고분자 필름(310-1, 310-2)은 제1 형태(왼쪽으로 굽어진 상태), 제1-1 고분자 필름(210-1, 210-2), 제2-2 고분자 필름(330-1, 330-2)은 제2 형태(오른쪽으로 굽어진 상태)일 수 있다. 따라서, 광반응 변형 구조체(100')는 이동하지 않고 지면(20) 상에서 정지된 상태를 유지할 수 있다.

- [106] 지면(20) 상에는 지면(20)과 높이 차이를 가지는 계단 등의 장애물(25)이 존재한다.
- [107] 다음으로, 도 13의 (b)를 참조하면, 제1-1 고분자 필름(210-1)의 후면에 광 조사부가 광(L)을 조사할 수 있다. 제1-1 고분자 필름(210-1)은 전면 방향으로 굽혀지며 제2 형태에서 제1 형태로 변형될 수 있다. 동시에, 제1-1 고분자 필름(210-1)의 접착 지지부(500-1)가 지면(20)과 접촉 해제되어 떨어질 수 있다.
- [108] 다음으로, 도 13의 (c)를 참조하면, 제1-2 고분자 필름(230-1)의 전면에 광 조사부가 광(L)을 조사할 수 있다. 제1-2 고분자 필름(230-1)은 후면 방향으로 굽혀지며 제1 형태에서 제2 형태로 변형될 수 있다. 제1-2 고분자 필름(230-1)의 굽힘 변형으로 인해, 제1-1 고분자 필름(210-1)이 지면(20)과 이격되도록 들어 올려질 수 있다. 여기에 더하여, 제1-1 고분자 필름(210-1)의 최하단이 장애물(25)의 상부에 이격하도록 위치할 수 있다.
- [109] 다음으로, 도 13의 (d)를 참조하면, 두 개의 제2-2 고분자 필름(330-1, 330-2)의 후면에 광 조사부가 광(L)을 조사할 수 있다. 제2-2 고분자 필름(330-1, 330-2)은 전면 방향으로 굽혀지며 제2 형태에서 제1 형태로 변형될 수 있다. 제2-2 고분자 필름(330)이 굽힘 변형되면서 전면 방향을 향해 누르는 힘을 인가할 수 있다. 제1 바디부(200-1)는 소정 거리만큼 전진(FW)할 수 있다. 그리고, 제1 바디부(200-2)는 접착 지지부(500-2)가 지면(20)과 접촉된 상태이므로, 전진하지는 않고 누르는 힘을 고분자 필름의 탄성으로 임시적으로 응축하고 있을 수 있다.
- [110] 다음으로, 도 14의 (e)를 참조하면, 제1-2 고분자 필름(230-1)의 후면에 광 조사부가 광(L)을 조사할 수 있다. 제1-2 고분자 필름(230-1)은 전면 방향으로 굽혀지며 제2 형태에서 제1 형태로 변형될 수 있다. 제1-2 고분자 필름(230-1)의 굽힘 변형으로 인해, 제1-1 고분자 필름(210-1)의 최하단이 장애물(25)의 상부에 접촉할 수 있다.
- [111] 다음으로, 도 14의 (f)를 참조하면, 제1-1 고분자 필름(210-1)의 전면에 광 조사부가 광(L)을 조사할 수 있다. 제1-1 고분자 필름(210-1)은 후면 방향으로 굽혀지며 제1 형태에서 제2 형태로 변형될 수 있다. 제2 형태로 변형되면서 제1-1 고분자 필름(210-1)의 접착 지지부(500-1)가 장애물(25)의 상부에 접촉된 상태가 될 수 있고, 접착 지지부(500-1)의 장애물(25) 상부 접촉에 의해 제1 바디부(200-1)는 이동하지 않고 고정될 수 있다.
- [112] 다음으로, 도 14의 (g)를 참조하면, 제1-1 고분자 필름(210-2)의 후면에 광 조사부가 광(L)을 조사할 수 있다. 제1-1 고분자 필름(210-2)은 전면 방향으로 굽혀지며 제2 형태에서 제1 형태로 변형될 수 있다. 동시에, 제1-1 고분자 필름(210-2)의 접착 지지부(500-2)가 지면(20)과 접촉 해제되어 떨어질 수 있다. 여기에 더하여, 도 13의 (d)에서 탄성으로 임시적으로 응축한 힘에 의해 제1 바디부(200-2)가 일부 전면 방향으로 이동할 수 있다.
- [113] 다음으로, 도 14의 (f)를 참조하면, 제1-2 고분자 필름(230-2)의 전면에 광

조사부가 광(L)을 조사할 수 있다. 제1-2 고분자 필름(230-2)은 후면 방향으로 굽혀지며 제1 형태에서 제2 형태로 변형될 수 있다. 제1-2 고분자 필름(230-2)의 굽힘 변형으로 인해, 제1-1 고분자 필름(210-2)의 최하단이 장애물(25)의 상부에 이격하도록 위치할 수 있다.

[114] 다음으로, 도 15의 (i)를 참조하면, 제1-2 고분자 필름(230-2)의 후면에 광 조사부가 광(L)을 조사할 수 있다. 제1-2 고분자 필름(230-2)은 전면 방향으로 굽혀지며 제2 형태에서 제1 형태로 변형될 수 있다. 제1-2 고분자 필름(230-2)의 굽힘 변형으로 인해, 제1-1 고분자 필름(210-2)의 최하단이 장애물(25)의 상부에 접촉할 수 있다.

[115] 다음으로, 도 15의 (j)를 참조하면, 제1-1 고분자 필름(210-2)의 전면에 광 조사부가 광(L)을 조사할 수 있다. 제1-1 고분자 필름(210-2)은 후면 방향으로 굽혀지며 제1 형태에서 제2 형태로 변형될 수 있다. 제2 형태로 변형되면서 제1-1 고분자 필름(210-2)의 접착 지지부(500-2)가 장애물(25)의 상부에 접촉된 상태가 될 수 있고, 접착 지지부(500-2)의 장애물(25) 상부 접촉에 의해 제1 바디부(200-2)는 이동하지 않고 고정될 수 있다.

[116] 다음으로, 도 15의 (k)를 참조하면, 제2-1 고분자 필름(310-1)과 제2-1 고분자 필름(310-2)의 전면에 광 조사부가 광(L)을 동시에, 또는 순차적으로 조사할 수 있다. 제2-1 고분자 필름(310-1), 제2-1 고분자 필름(310-2)은 후면 방향으로 굽혀지며 제1 형태에서 제2 형태로 변형될 수 있다. 동시에, 제2-1 고분자 필름(310-1)의 접착 지지부(600-1), 제2-1 고분자 필름(310-2)의 접착 지지부(600-2)가 지면(20)과 접촉 해제되어 떨어질 수 있다.

[117] 다음으로, 도 15의 (l)을 참조하면, 제2-2 고분자 필름(330-1)과 제2-2 고분자 필름(330-2)의 전면에 광 조사부가 광(L)을 동시에, 또는 순차적으로 조사할 수 있다. 제2-2 고분자 필름(330-1), 제2-2 고분자 필름(330-2)은 후면 방향으로 굽혀지며 제1 형태에서 제2 형태로 변형될 수 있다. 동시에, 제1 바디부(200-1, 200-2)의 접착 지지부(500-1, 500-2)는 지면(20)에 접촉된 상태를 유지하고, 제2-2 고분자 필름(330-1, 330-2)이 제2 형태로 변형되면서 제2 바디부(300-1, 300-2)가 전면 방향으로 당겨(FO)질 수 있게 된다. 이에 따라, 제2 바디부(300-1, 300-2)가 전진할 수 있다.

[118] 도 13 내지 도 15의 과정을 반복하여, 광반응 변형 구조체(100')가 네 발로 보행하는 듯하게 전진(FW)하고, 장애물(25)을 올라가는 동작을 수행할 수 있다.

[119] 광반응 변형 구조체(100')은 도 10 내지 도 15에 도시된 실시예에 한정되지 않으며, 고분자 필름에 대한 광 조사의 방향, 순서를 조합하여 얼마든지 변형이 가능함을 밝혀둔다.

[120] 위와 같이, 본 발명은 아조벤젠 액정 고분자의 시스-트랜스 변환을 이용하여 굽힘 변형이 제어 가능하고, 광 조사에 의해서 이동, 보행, 오름, 내림 등이 가능한 효과가 있다. 그리고, 광반응 자가 변형 구조체는 열 반응 없이 특정 파장대의 빛을 통해 그 반응이 일어나며, 가역 반응이기 때문에 반복거동이

가능하여 일정한 운동을 지속적으로 반복 가능한 효과가 있다.

- [121] 본 발명은 상술한 바와 같이 바람직한 실시예를 들어 도시하고 설명하였으나, 상기 실시예에 한정되지 아니하며 본 발명의 정신을 벗어나지 않는 범위 내에서 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형과 변경이 가능하다. 그러한 변형예 및 변경예는 본 발명과 첨부된 특허청구범위의 범위 내에 속하는 것으로 보아야 한다.

청구범위

- [청구항 1] 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으키는 적어도 하나의 고분자 필름을 포함하는 제1 바디부;
광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으키는 적어도 하나의 고분자 필름을 포함하는 제2 바디부; 및
제1 바디부와 제2 바디부의 연결을 매개하는 연결부를 포함하고,
제1 바디부와 제2 바디부의 지면에 접촉하는 일단부에는 접착 지지부가 형성되는, 광반응 변형 구조체.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
제1 바디부는 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으키는 제1-1 고분자 필름 및 제1-2 고분자 필름을 포함하고,
제2 바디부는 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으키는 제2-1 고분자 필름 및 제2-2 고분자 필름을 포함하는, 광반응 변형 구조체.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,
제1-1 고분자 필름과 제1-2 고분자 필름 사이에 제1 구속부가 형성되고,
제2-1 고분자 필름과 제2-2 고분자 필름 사이에 제2 구속부가 형성되는, 광반응 변형 구조체.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
고분자 필름은,
고분자 스캐폴드(scaffold) 필름;
고분자 스캐폴드 필름의 표면에 침지되어 코팅된 아조벤젠 액정 고분자; 및
코팅된 상기 아조벤젠 액정 고분자의 표면에 부착된 보호 필름을 포함하는, 광반응 변형 구조체.
- [청구항 5] 제1항에 있어서,
접착 지지부와 지면과의 접착력은 광 조사에 의하여 고분자 필름이 굽힘 변형을 일으키는 힘보다 적은, 광반응 변형 구조체.
- [청구항 6] 제1항에 있어서,
연결부는 제1 바디부와 제2 바디부의 타단부를 상호 연결하고, 제1 바디부와 제2 바디부가 굽힘 또는 꺾임 변형이 가능하도록 관절로 작용하는, 광반응 변형 구조체.
- [청구항 7] 제1항에 있어서,
제1 바디부와 제2 바디부는 복수인, 광반응 변형 구조체.
- [청구항 8] 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으키는 적어도 하나의 고분자 필름을 포함하는 제1 바디부; 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으키는 적어도 하나의 고분자 필름을 포함하는 제2 바디부; 및 제1 바디부와 제2

바디부의 연결을 매개하는 연결부를 포함하고, 제1 바디부와 제2 바디부의 지면에 접촉하는 일단부에는 접착 지지부가 형성된, 광반응 변형 구조체의 구동 방법으로서,

(a) 제1 바디부의 고분자 필름에 광을 조사하여 굽힘 변형을 일으키고, 제1 바디부의 접착 지지부를 지면으로부터 접촉 해제시키는 단계;

(b) 제2 바디부의 고분자 필름에 광을 조사하여 굽힘 변형을 일으켜, 제1 바디부를 전진시키는 단계;

(c) 제1 바디부의 고분자 필름에 광을 조사하여 (a) 단계와 반대 방향으로의 굽힘 변형을 일으키고, 제1 바디부의 접착 지지부를 지면에 접촉시키는 단계;

(d) (b) 단계의 광 조사 부분보다 적어도 하부에 있는 제2 바디부의 고분자 필름에 광을 조사하여 (b) 단계와 반대 방향으로의 굽힘 변형을 일으키고, 제2 바디부의 접착 지지부를 지면으로부터 접촉 해제시키면서 제2 바디부를 전진시키는 단계;

(e) 제2 바디부의 고분자 필름에 광을 조사하여 (d) 단계와 반대 방향으로의 굽힘 변형을 일으키고, 제2 바디부의 접착 지지부를 지면에 접촉시키는 단계

를 포함하는, 광반응 변형 구조체의 구동 방법.

[청구항 9]

제8항에 있어서,

제1 바디부는 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으키는 제1-1 고분자 필름 및 제1-2 고분자 필름을 포함하고, 제2 바디부는 광 조사에 의하여 굽힘 변형을 일으키는 제2-1 고분자 필름 및 제2-2 고분자 필름을 포함하며, 제1-1 고분자 필름과 제1-2 고분자 필름 사이에 제1 구속부가 형성되고, 제2-1 고분자 필름과 제2-2 고분자 필름 사이에 제2 구속부가 형성되는, 광반응 변형 구조체의 구동 방법.

[청구항 10]

제9항에 있어서,

(a) 단계는, 제1 바디부의 제1-1 고분자 필름에 광을 조사하여 굽힘 변형을 일으키고, 제1-1 고분자 필름에 형성된 접착 지지부를 지면으로부터 접촉 해제시키는 단계이고,

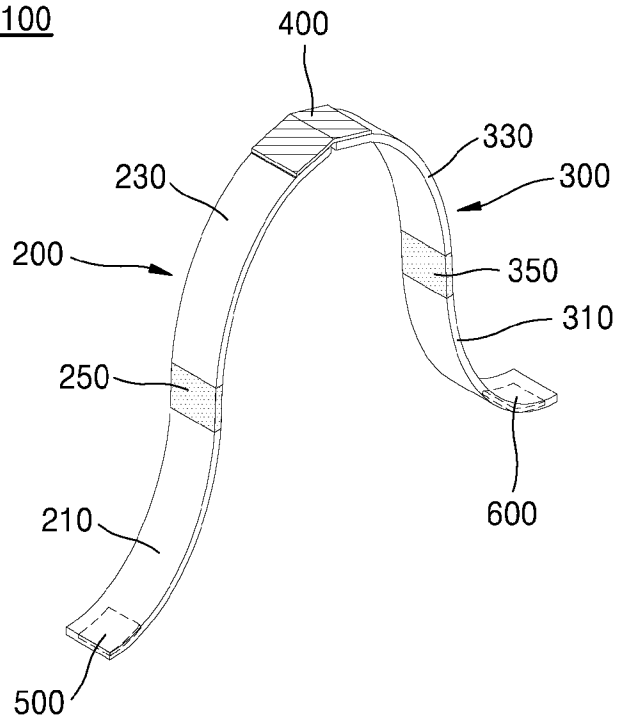
(b) 단계는, 제2 바디부의 제2-1 고분자 필름에 광을 조사하여 굽힘 변형을 일으켜, 제1 바디부를 미는 힘을 작용하여 제1 바디부를 전진시키는 단계이며,

(c) 단계는, 제1 바디부의 제1-1 고분자 필름에 광을 조사하여 (a) 단계와 반대 방향으로의 굽힘 변형을 일으키고, 제1-1 고분자 필름에 형성된 접착 지지부를 지면에 접촉시키는 단계이고,

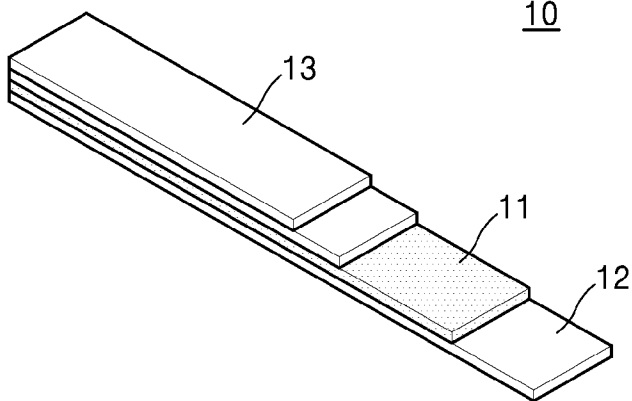
(d) 단계는, 제2 바디부의 제2-1 고분자 필름 및 제2-2 고분자 필름에 광을 조사하여 (b) 단계와 반대 방향으로의 굽힘 변형을 일으키고, 제2 바디부를 전진시키는 단계이며,

(e) 단계는, 제2-1 고분자 필름에 광을 조사하여 (d) 단계와 반대 방향으로의 굽힘 변형을 일으키고, 제2-1 고분자 필름에 형성된 접착 지지부를 지면에 접촉시키는 단계인, 광반응 변형 구조체의 구동 방법.

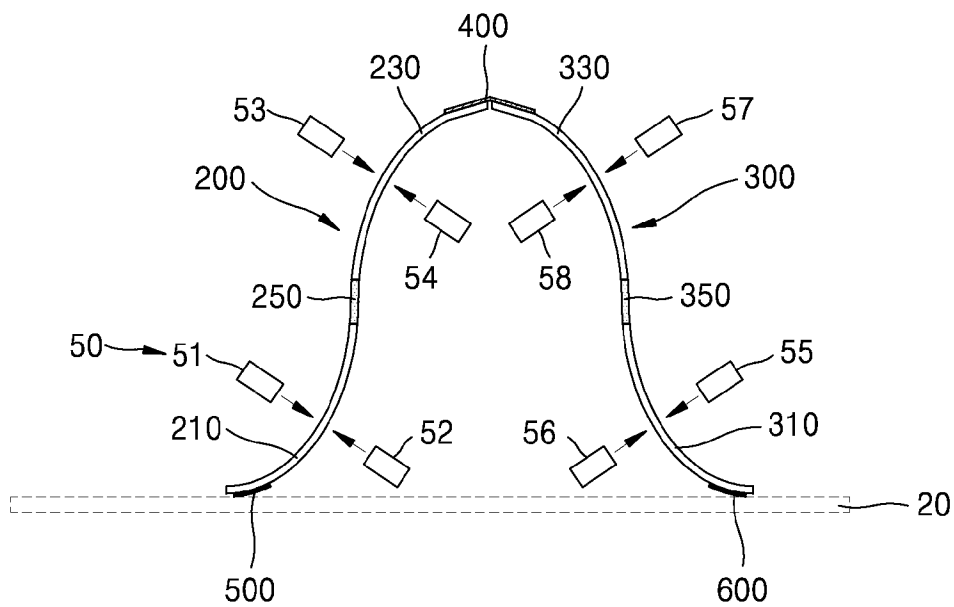
[도1]

100

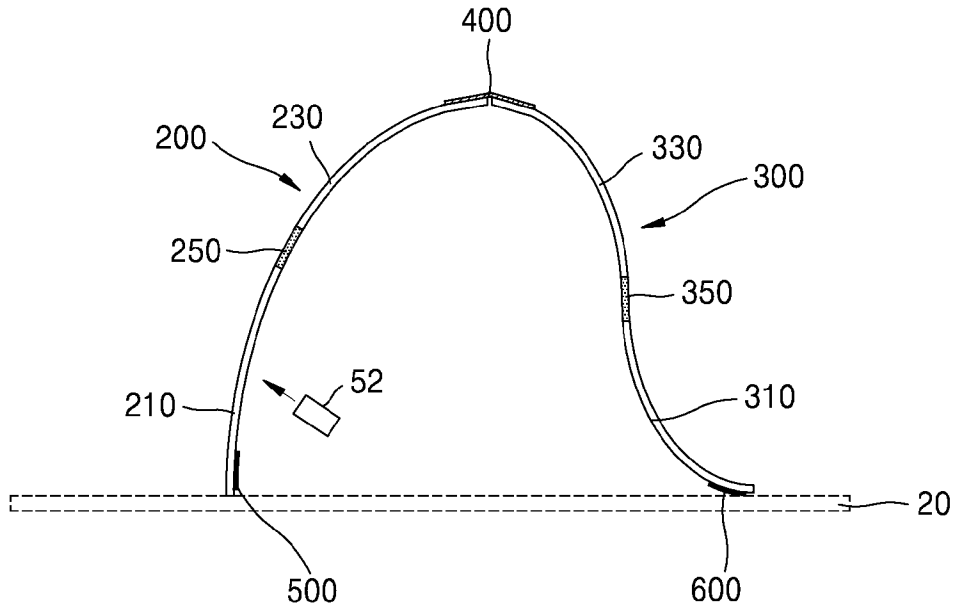
[도2]

10

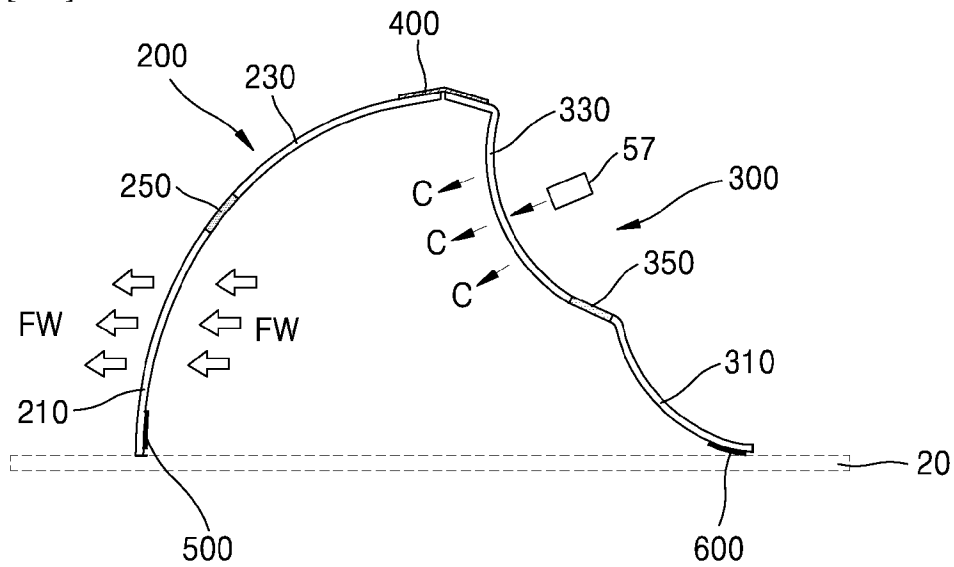
[도3]

100

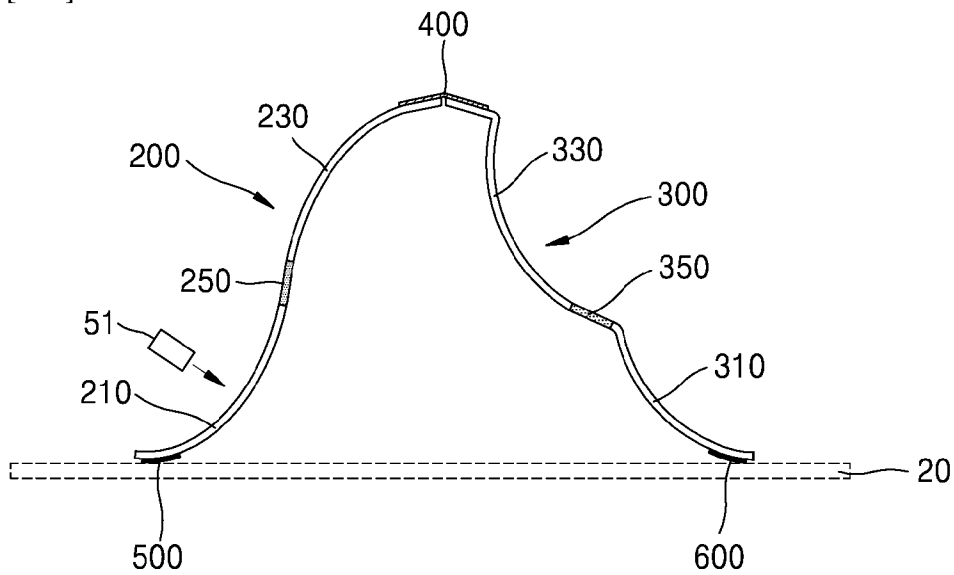
[도4]



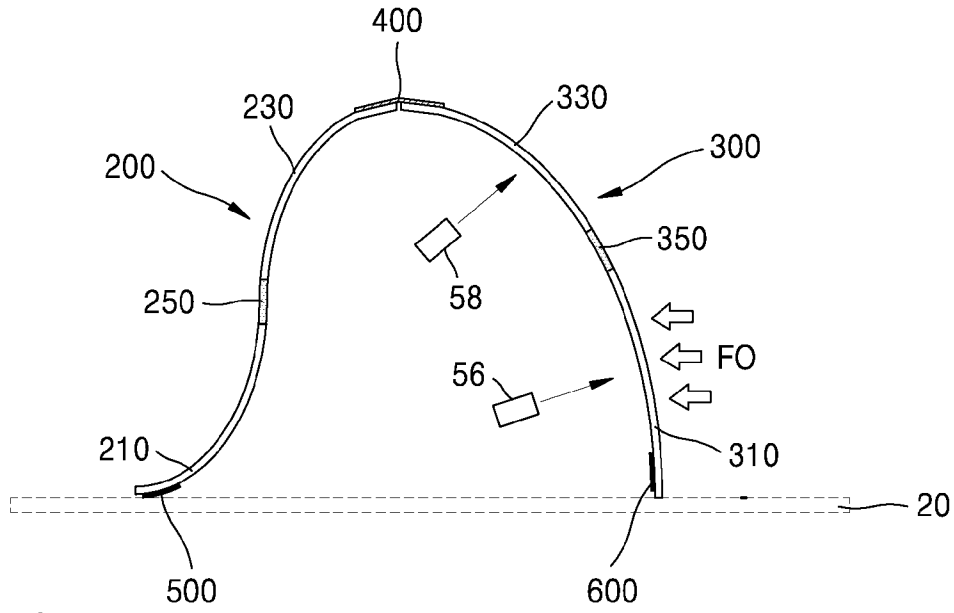
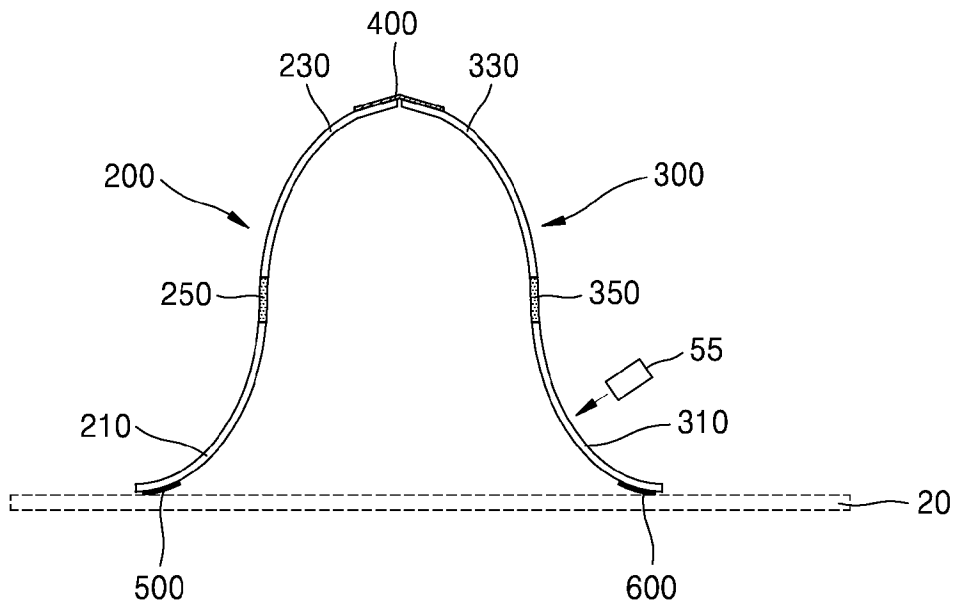
[도5]



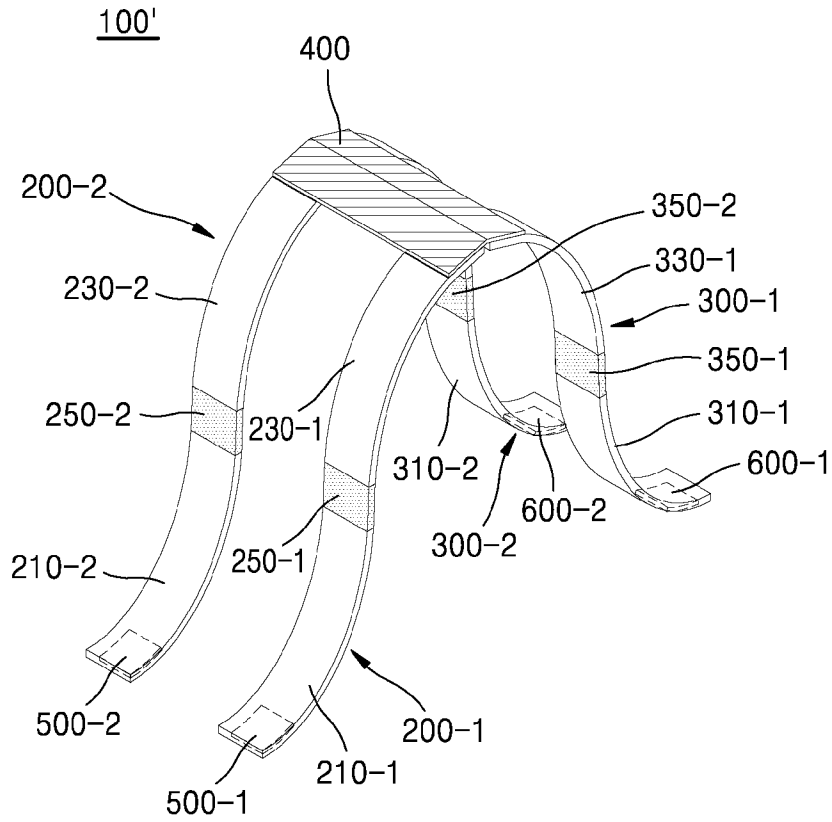
[도6]



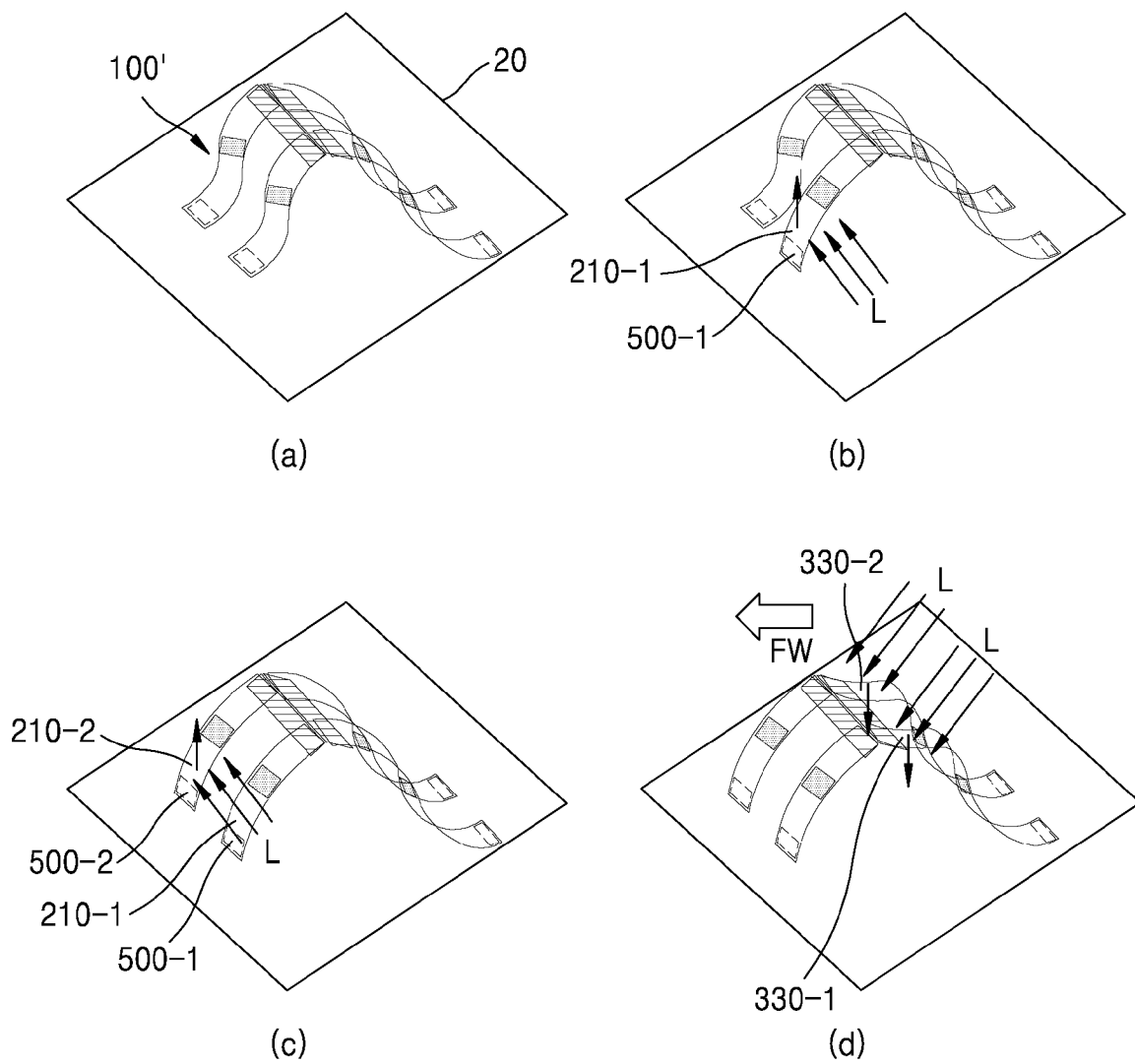
[도7]

[도8]
100

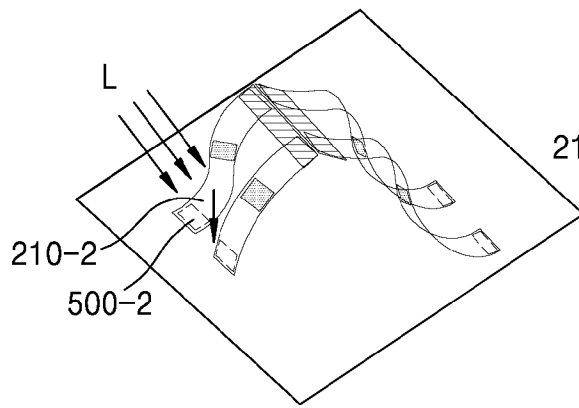
[도9]



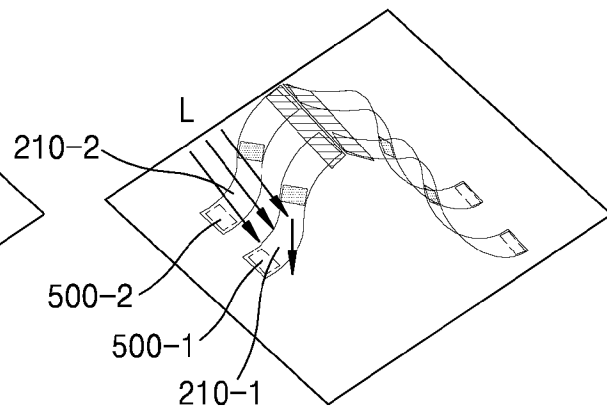
[도10]



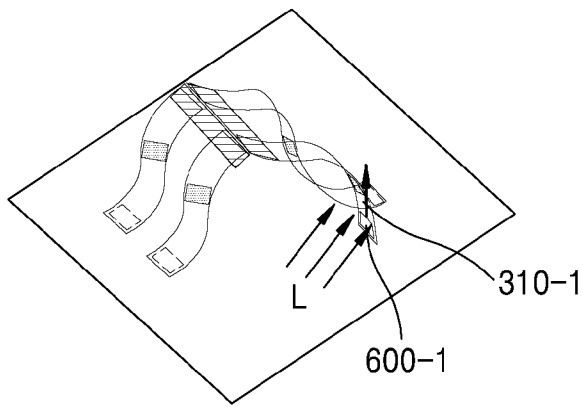
[도11]



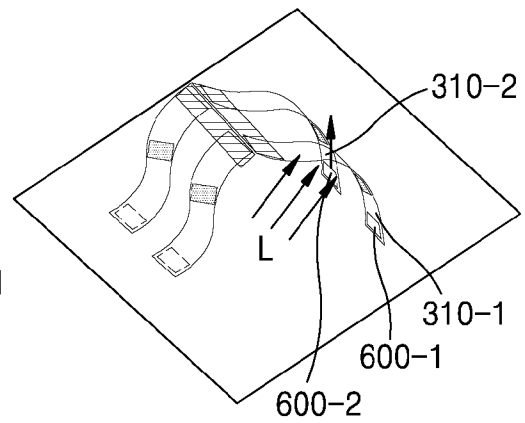
(e)



(f)

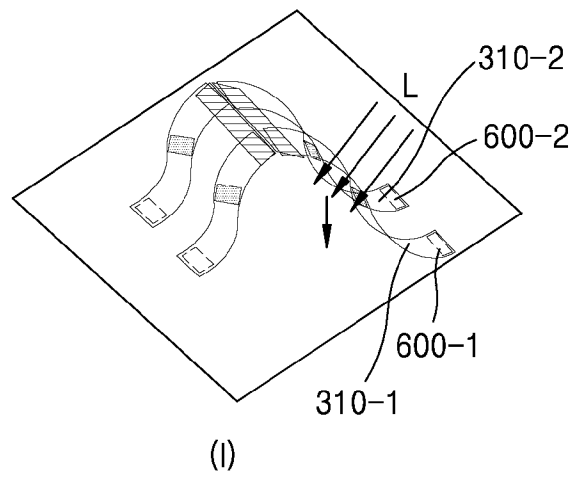
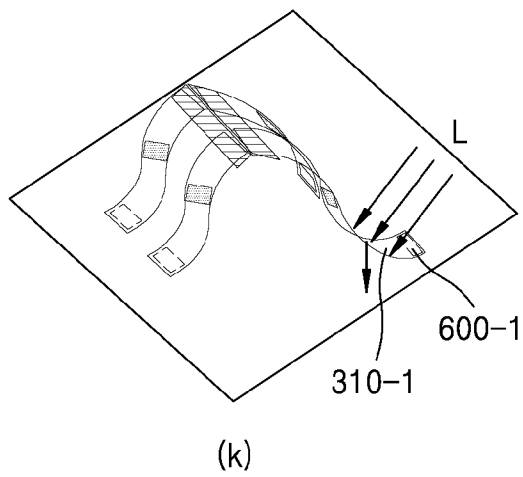
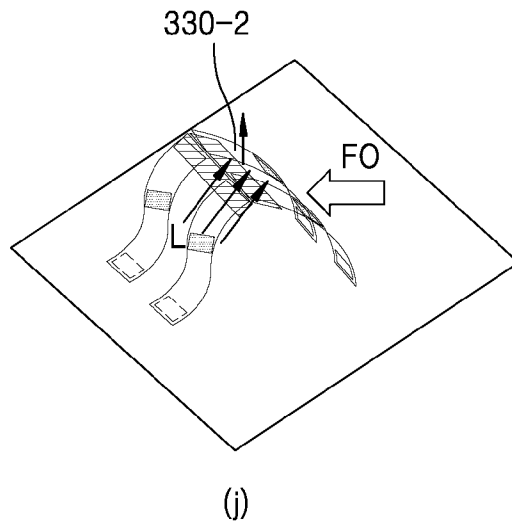
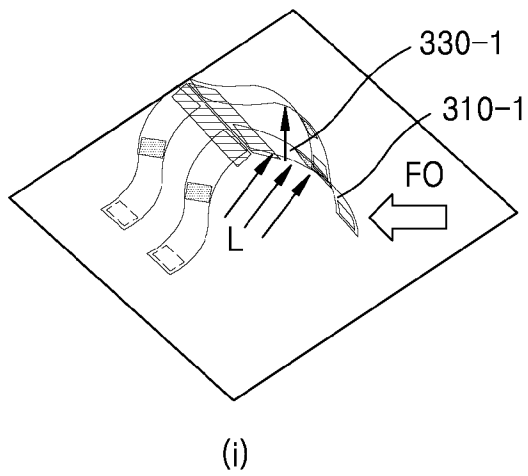


(g)

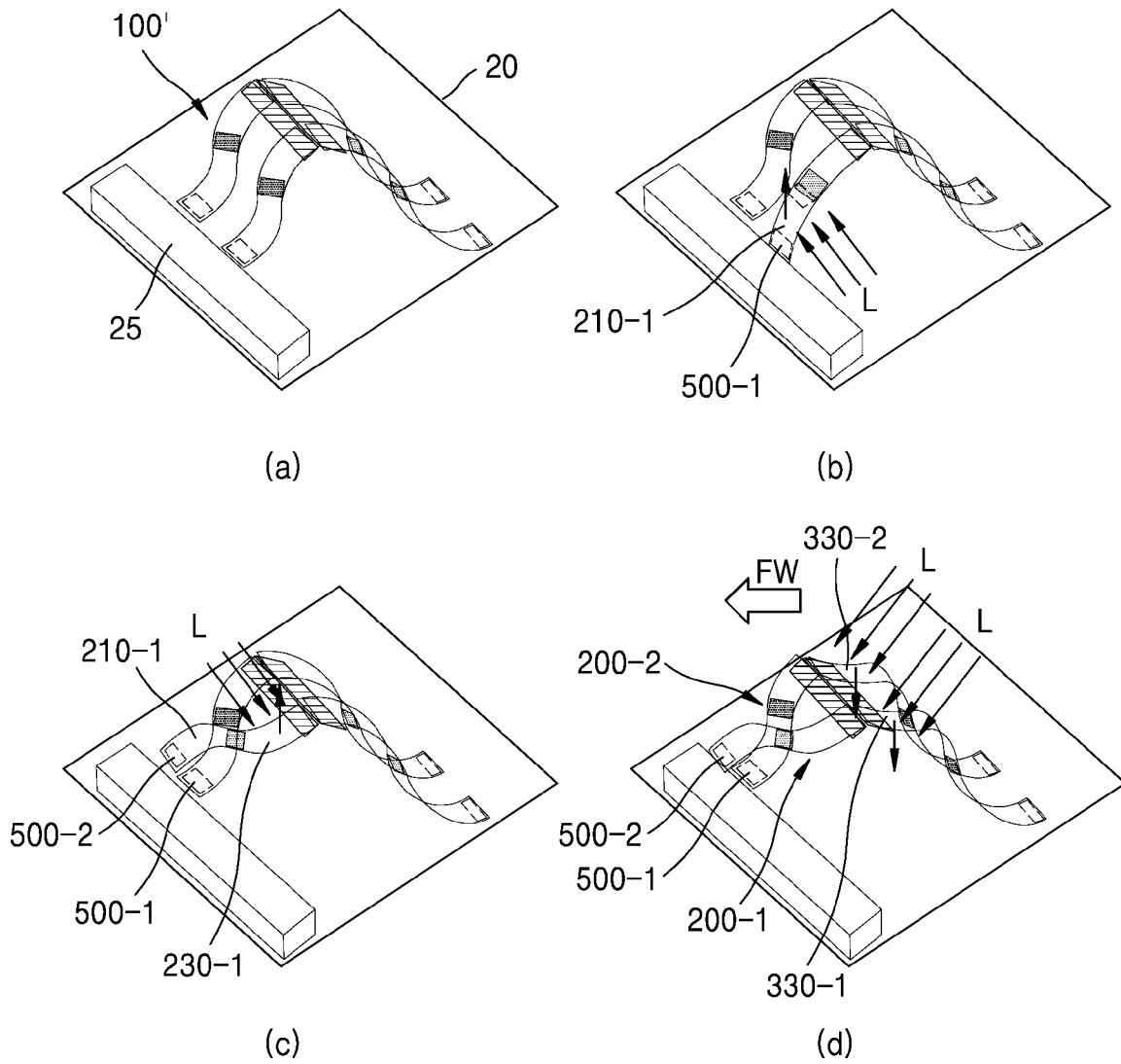


(h)

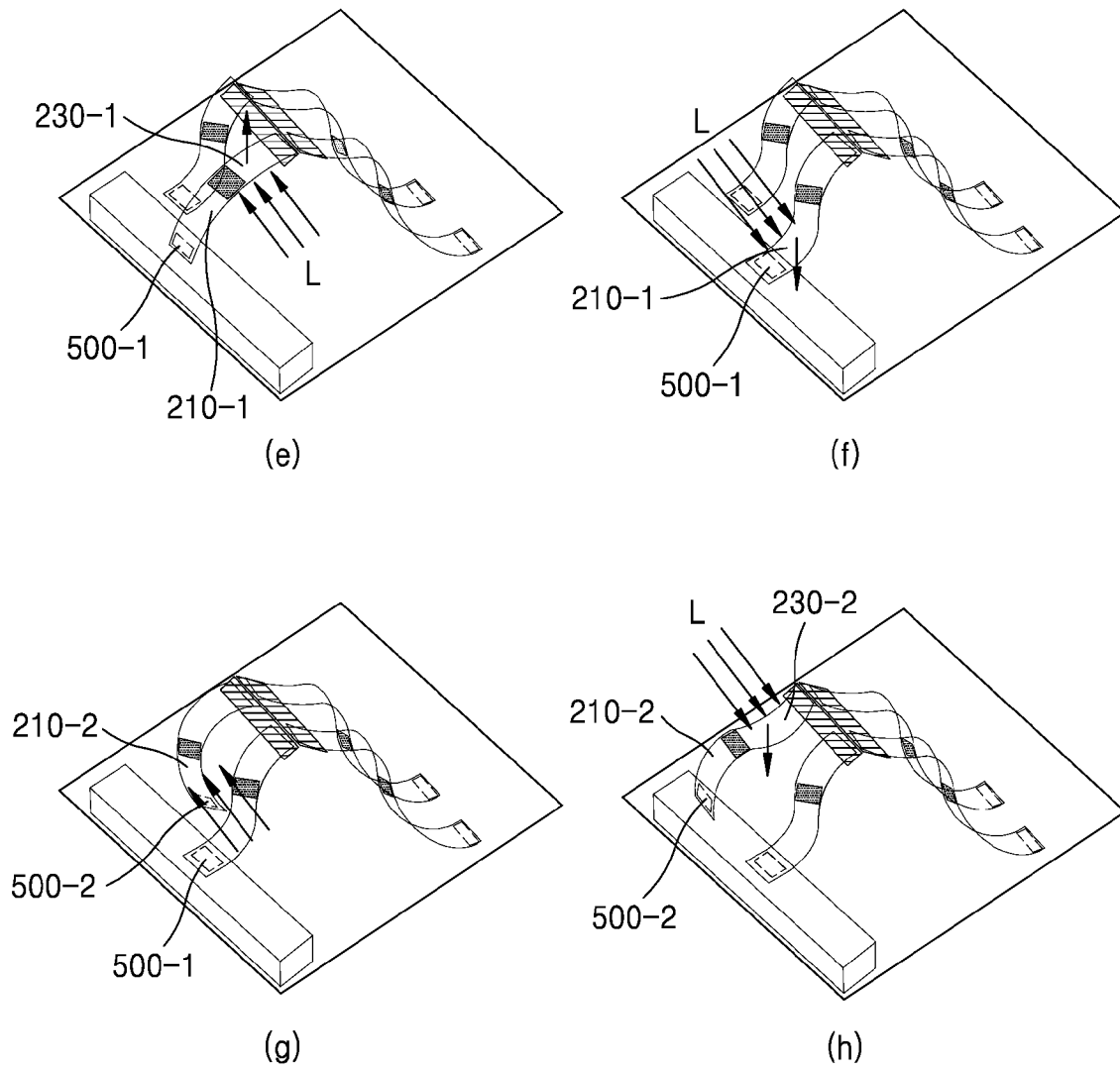
[도12]



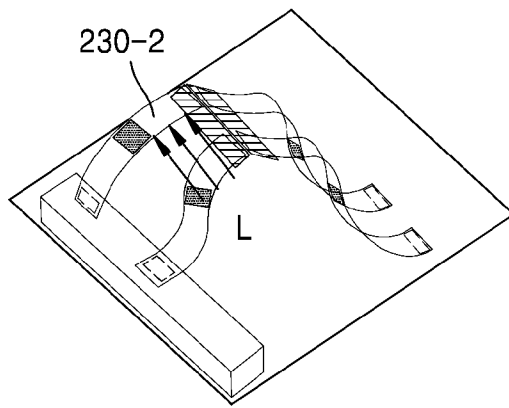
[도13]



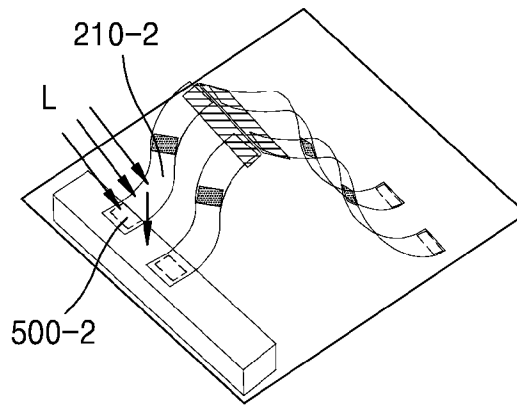
[도14]



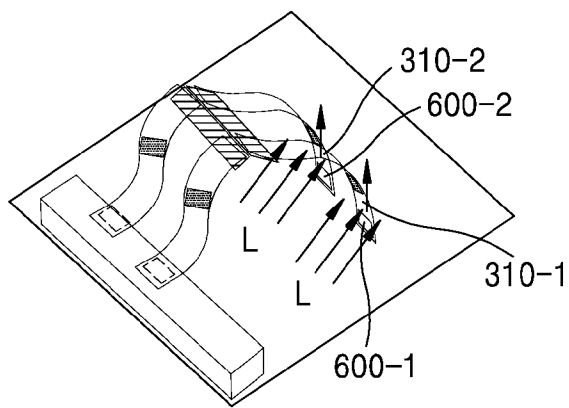
[도15]



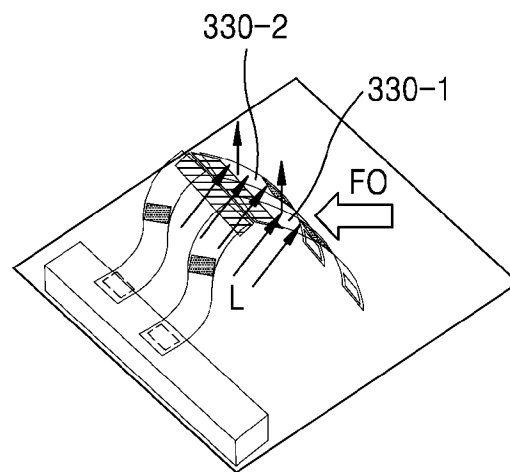
(i)



(j)



(k)



(l)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2019/006694

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J 9/10(2006.01)i, C08J 7/04(2006.01)i, C09K 19/38(2006.01)i, B32B 27/08(2006.01)i, B32B 27/16(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)

B25J 9/10; C08J 5/18; C09K 19/38; F03G 7/06; H02N 11/00; C08J 7/04; B32B 27/08; B32B 27/16

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: photo-responsive self-deforming structure, polymer film, joint, adhesive support, azobenzene liquid crystal polymer

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	MORALES et al. Electro-actuated hydrogel walkers with dual responsive legs. Soft Matter. 7 March 2014, Vol. 10, No. 9, p.p. 1337-1348 See pages 1338-1340.	1-7
A		8-10
Y	KR 10-1817225 B1 (SEOUL NATIONAL UNIVERSITY R&DB FOUNDATION) 21 February 2018 See paragraphs [0019]-[0020], [0024], [0037] and figures 1, 6.	1-7
Y	LIN et al. GoQBot: a caterpillar-inspired soft-bodied rolling robot. BIOINSPIRATION & BIOMIMETICS. 6, 2011 See pages 2-3.	1-7
X	SUNG, Heejun et al. Photomobile polymer materials: Soft robot using photo responsive self deforming with joint structures. 한국전산구조공학회 학술 심포지움 (COSEIK (Computational Structural Engineering Institute of Korea) Academic Symposium) (2018) See page 1. (※ The above document is a document declaring exceptions to lack of novelty by the applicant.)	1-10
A	JP 2008-228368 A (TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY et al.) 25 September 2008 See claim 1 and figure 6.	1-10
A	US 2008-0264058 A1 (BROER et al.) 30 October 2008 See paragraphs [0035]-[0037] and figures 1-2.	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

“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

24 SEPTEMBER 2019 (24.09.2019)

Date of mailing of the international search report

25 SEPTEMBER 2019 (25.09.2019)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsu-ro, Seo-gu,
Daejeon, 35208, Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2019/006694

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	김홍석 등. Azobenzene liquid-crystalline polymer의 S-motion을 이용한 톱니마퀴 작동 메카니즘. 대한기계학회 (2018) (KIM, Hongseok et al. Azobenzene Liquid-crystalline Polymer for Operation of the Gear Using the S-motion Mechanism. The Korean Society of Mechanical Engineers.) See pages 1272-1274.	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2019/006694

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-1817225 B1	21/02/2018	KR 10-2017-0137449 A US 10011882 B2 US 2017-0349956 A1	13/12/2017 03/07/2018 07/12/2017
JP 2008-228368 A	25/09/2008	JP 5224261 B2	03/07/2013
US 2008-0264058 A1	30/10/2008	AT 371711 T CN 1914295 A DE 602005002239 T2 EP 1713882 A1 EP 1713882 B1 JP 2007-521971 A KR 10-2006-0127963 A TW 200606238 A US 7578949 B2 WO 2005-075605 A1	15/09/2007 14/02/2007 20/03/2008 25/10/2006 29/08/2007 09/08/2007 13/12/2006 16/02/2006 25/08/2009 18/08/2005

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))**B25J 9/10(2006.01)i, C08J 7/04(2006.01)i, C09K 19/38(2006.01)i, B32B 27/08(2006.01)i, B32B 27/16(2006.01)i****B. 조사된 분야**

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

B25J 9/10; C08J 5/18; C09K 19/38; F03G 7/06; H02N 11/00; C08J 7/04; B32B 27/08; B32B 27/16

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: 광반응 변형 구조체(photo-responsive deforming structure), 고분자 필름(polymer film), 연결부(joint), 접착 지지부(adhesive support), 아조벤젠 액정 고분자(azobenzene liquid crystal polymer)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	MORALES 등. `Electro-actuated hydrogel walkers with dual responsive legs`. Soft Matter. 7 March 2014, Vol. 10, No. 9, p.p. 1337-1348. 페이지 1338-1340 참조.	1-7
A		8-10
Y	KR 10-1817225 B1 (서울대학교산학협력단) 2018.02.21 단락 [0019]-[0020], [0024], [0037] 및 도면 1, 6 참조.	1-7
Y	LIN 등. `GoQBot: a caterpillar-inspired soft-bodied rolling robot`. BIOINSPIRATION & BIOMIMETICS. 6, 2011 페이지 2-3 참조.	1-7
X	성희준 등. `Photomobile polymer materials: Soft robot using photo responsive self deforming with joint structures`, 한국전산구조공학회 학술 심포지움(2018) 페이지 1 참조. (※ 위 문헌은 출원인이 신규성 상실의 예외로서 선언한 문헌임)	1-10
A	JP 2008-228368 A (TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY 등) 2008.09.25 청구항 1 및 도면 6 참조.	1-10
A	US 2008-0264058 A1 (BROER 등) 2008.10.30 단락 [0035]-[0037] 및 도면 1-2 참조.	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 이후 “X”에 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

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

2019년 09월 24일 (24.09.2019)

국제조사보고서 발송일

2019년 09월 25일 (25.09.2019)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

황찬윤

전화번호 +82-42-481-3347



C (계속). 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	김홍석 등, `Azobenzene liquid-crystalline polymer의 S-motion을 이용한 톱니바퀴 작동 메카니즘`, 대한기계학회 (2018) 페이지 1272-1274 참조.	1-10

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1817225 B1	2018/02/21	KR 10-2017-0137449 A US 10011882 B2 US 2017-0349956 A1	2017/12/13 2018/07/03 2017/12/07
JP 2008-228368 A	2008/09/25	JP 5224261 B2	2013/07/03
US 2008-0264058 A1	2008/10/30	AT 371711 T CN 1914295 A DE 602005002239 T2 EP 1713882 A1 EP 1713882 B1 JP 2007-521971 A KR 10-2006-0127963 A TW 200606238 A US 7578949 B2 WO 2005-075605 A1	2007/09/15 2007/02/14 2008/03/20 2006/10/25 2007/08/29 2007/08/09 2006/12/13 2006/02/16 2009/08/25 2005/08/18