(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2018 년 7 월 26 일 (26.07.2018)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2018/135739 A1

(51) 국제특허분류:
B64C 3/38 (2006.01) *B32B 3/28* (2006.01)
B64C 3/26 (2006.01) *B64C 3/44* (2006.01)
B64C 1/12 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2017/013200

(22) 국제출원일: 2017 년 11 월 20 일 (20.11.2017)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2017-0007921 2017 년 1 월 17 일 (17.01.2017) KR

(71) 출원인: **한국항공대학교산학협력단 (INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION KOREA AEROSPACE UNIVERSITY)** [KR/KR]; 10540 경기도 고양시 덕양구 항공대학로 76, Gyeonggi-do (KR).

(72) 발명자: **노진호 (ROH, Jin Ho)**; 06276 서울시 강남구 선릉로 221, 101동 2304호, Seoul (KR). **권오현 (KWON, O Hyun)**; 10097 경기도 김포시 김포대로926번길 15, 311동 1204호, Gyeonggi-do (KR). **안민수 (AHN, Min Su)**; 16628 경기도 수원시 권선구 호매실로165번길 30, 1602동 203호, Gyeonggi-do (KR).

(74) 대리인: **안병규 (AHN, Byungkyu)**; 06140 서울시 강남구 논현로 518, 여산빌딩 4층 401호, 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.

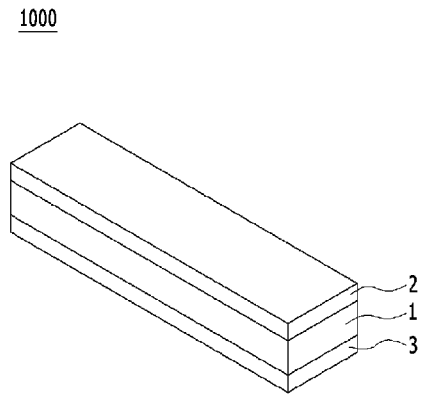
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,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

공개:
— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

WO 2018/135739 A1

(54) Title: SHAPE MEMORY MORPHING MEMBER USING KIRIGAMI PATTERN

(54) 발명의 명칭: 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재



(57) Abstract: A shape memory morphing member using a kirigami pattern is disclosed. The shape memory morphing member using a kirigami pattern comprises: an upper SMP skin layer; a lower SMP skin layer disposed below the upper SMP skin layer; and a core interposed between the upper SMP skin layer and the lower SMP skin layer, in which a kirigami pattern structure is arranged along the length direction and the width direction of the morphing member, wherein the upper SMP skin layer and the lower SMP skin Layer have a restoring force to be restored to an initial shape in a first state at a high temperature based on a preset temperature and a degree of freedom of deformation corresponding to an external force to be combined with the restoring force, and, in a second state at a low temperature based on the preset temperature, the shapes of the upper SMP skin layer and the lower SMP skin layer in the first state before conversion to the second state are maintained.

(57) 요약서: 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재가 개시되며, 상기 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재는, 상부 SMP 스킨층; 상기 상부 SMP 스킨층의 하측에 배치되는 하부 SMP 스킨층; 및 상기 모핑 부재의 길이 방향과 폭 방향을 따라 키리가미 패턴 구조가 배열되고, 상기 상부 SMP 스킨층과 상기 하부 SMP 스킨층 사이에 개재되는 코어를 포함하되, 상기 상부 SMP 스킨층 및 상기 하부 SMP 스킨층은, 미리 설정된 온도를 기준으로 고온인 제1 상태에서 초기 형상으로 복원되려는 복원력 및 상기 복원력과 조합되는 외력에 대응하는 변형 자유도를 가지고, 상기 미리 설정된 온도를 기준으로 저온인 제2 상태에서는, 상기 제2 상태로 변환되기 전의 상기 제1 상태에서의 상기 상부 SMP 스킨층 및 상기 하부 SMP 스킨층의 형상이 유지된다.

명세서

발명의 명칭: 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재

기술분야

[1] 본원은 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재에 관한 것이다.

배경기술

[2] 항공기의 효율을 높이고 다양한 운용 조건을 충족시키기 위한 해결책으로 가변 형상 항공기 즉, 모핑 항공기 구조(MAS, Morphing Aircraft Structure)에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 예를 들어, 가변 형상을 갖는 모핑 날개의 에어포일에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

[3] 이와 관련하여, 종래에 항공기의 날개를 기계적으로 형상 변형시키는 기술들이 개시된바 있다. 그런데 개시된 기술들은, 형상 변형이 기계적으로 이루어지기 때문에 많은 에너지가 필요하고, 구조가 복잡하다는 단점을 가지고 있다.

[4] 본원의 배경이 되는 기술은 한국등록특허공보 제10-1271485호(등록일 2013년5월30일)에 개시되어 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[5] 본원은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 별도의 기계적인 작동기의 도움 없이 형상이 변형될 수 있고, 구조적으로 간단하면서도 높은 강성을 가질 수 있는 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[6] 다만, 본원의 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제 해결 수단

[7] 상기한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본원의 제 1 측면에 따른 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재는, 상부 SMP 스킨층; 상기 상부 SMP 스킨층의 하측에 배치되는 하부 SMP 스킨층; 및 상기 모핑 부재의 길이 방향과 폭 방향을 따라 키리가미 패턴 구조가 배열되고, 상기 상부 SMP 스킨층과 상기 하부 SMP 스킨층 사이에 개재되는 코어를 포함하되, 상기 상부 SMP 스킨층 및 상기 하부 SMP 스킨층은, 미리 설정된 온도를 기준으로 고온인 제1 상태에서 초기 형상으로 복원되려는 복원력 및 상기 복원력과 조합되는 외력에 대응하는 변형 자유도를 가지고, 상기 미리 설정된 온도를 기준으로 저온인 제2 상태에서는, 상기 제2 상태로 변환되기 전의 상기 제1 상태에서의 상기 상부 SMP 스킨층 및 상기 하부 SMP 스킨층의 형상이 유지될 수 있다.

[8] 상술한 과제 해결 수단은 단지 예시적인 것으로서, 본원을 제한하려는 의도로 해석되지 않아야 한다. 상술한 예시적인 실시예 외에도, 도면 및 발명의 상세한 설명에 추가적인 실시예가 존재할 수 있다.

발명의 효과

[9] 전술한 본원의 과제 해결 수단에 의하면, 상부 SMP 스킨층과 하부 SMP 스킨층 사이에 키리가미 패턴 구조의 코어가 개재되는 샌드위치 구조를 가짐으로써, 제1 상태에서는 별도의 기계적인 작동기의 도움 없이 형상이 용이하게 변형될 수 있고, 제2 상태에서는 상기 샌드위치 구조가 일체적으로 거동되어 구조적으로 간단하면서도 높은 강성(굽힘 강성)을 가지는 형상기억 모핑 부재가 구현될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[10] 도 1은 본원의 일 실시예에 따른 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재의 개략적인 사시도이다.

[11] 도 2는 도 1의 코어를 확대하여 도시한 개략적인 사시도이다.

[12] 도 3은 본원의 일 실시예에 따른 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재의 코어가 길이 방향으로 인장되는 것을 설명하기 위한 개략적인 사시도이다.

[13] 도 4는 본원의 일 실시예에 따른 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재의 코어가 굽힘 변형된 것을 설명하기 위한 개략적인 사시도이다.

[14] 도 5는 도 1의 본원의 일 실시예에 따른 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재가 길이 방향으로 변형된 것을 도시한 개략적인 사시도이다.

[15] 도 6은 도 1의 본원의 일 실시예에 따른 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재가 폭 방향으로 변형된 것을 도시한 개략적인 사시도이다.

[16] 도 7은 도 1의 본원의 일 실시예에 따른 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재가 굽힘 변형된 것을 도시한 개략적인 사시도이다.

[17] 도 8은 본원의 일 실시예에 따른 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재의 개략적인 단면도이다.

[18] 도 9는 상부 SMP 스킨층 및 하부 SMP 스킨층이 적층된 것을 설명하기 위한 개략적인 단면도이다.

발명의 실시를 위한 형태

[19] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[20] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.

[21] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에", "상부에", "상단에", "하에", "하부에", "하단에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에

접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.

[22] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[23] 참고로, 본원의 실시예에 관한 설명 중 방향이나 위치와 관련된 용어(상측, 하측 등)는 도면에 나타나 있는 각 구성의 배치 상태를 기준으로 설정한 것이다. 예를 들면, 도 2에서 보았을 때 전반적으로 12시 방향이 상측, 전반적으로 6시 방향이 하측 등이 될 수 있다.

[24] 본원은 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재에 관한 것이다.

[25] 이하에서는 본원의 일 실시예에 따른 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재(이하 '본 모핑 부재'라 함)(1000)에 대해 설명한다.

[26] 도 1은 본 모핑 부재의 개략적인 사시도이고, 도 2는 도 1의 코어를 확대하여 도시한 개략적인 사시도이며, 도 3은 본 모핑 부재의 코어가 길이 방향으로 인장되는 것을 설명하기 위한 개략적인 사시도이고, 도 4는 본 모핑 부재의 코어가 굽힘 변형된 것을 설명하기 위한 개략적인 사시도이다.

[27] 도 1을 참조하면, 본 모핑 부재(1000)는 코어(1)를 포함한다. 도 2를 참조하면, 코어(1)는 길이 방향과 폭 방향을 따라 키리가미(Kirigami) 패턴 구조가 배열된 것이다. 참고로, 길이 방향은 도 2 및 도 3 기준 10시-4시 방향, 폭 방향은 도 2 및 도 3 기준 1시-7시 방향을 가리키는 것일 수 있다.

[28] 도 2를 도 3 및 도 4 각각과 비교하여 참고하면, 키리가미 패턴 구조는 굽힘 변형, 길이 방향 변형 및 폭 방향 변형에 대한 자유도를 갖는 구조일 수 있다.

[29] 여기서 길이 방향 변형이라 함은 코어(1)가 길이 방향으로 인장(예를 들어 도 2 대비 도 3은 상대적으로 인장 상태) 또는 수축(예를 들어 도 3 대비 도 2는 상대적으로 수축 상태)되는 것을 의미할 수 있다. 또한, 폭 방향 변형은 코어(1)가 폭 방향으로 인장 또는 수축되는 것을 의미할 수 있다. 또한, 키리가미 패턴 구조가 굽힘 변형, 길이 방향 변형 및 폭 방향 변형에 대한 자유도를 갖는다는 것은 키리가미 패턴 구조가 인장, 수축, 또는 굽힘이 가능한 소정의 범위 내에서 굽힘 변형, 길이 방향 변형 및 폭 방향 변형이 가능한 것을 의미할 수 있다. 예시적으로 도 2 및 도 3을 참조하면, 키리가미 패턴 구조는 펼침 가능한 범위 내에서 인장될 수 있다.

[30] 이와 같이 키리가미 패턴 구조를 갖는 코어(1)는 상측 방향 및 하측 방향으로 용이하게 구부러지며 형상 변형될 수 있고, 길이 방향 및 폭 방향으로 자유롭게 인장 또는 수축될 수 있다.

[31] 예시적으로, 도 2를 참조하면, 키리가미 패턴 구조는, 폭 방향을 따라 산(111)과 골(112)이 교번하여 형성되는 형태로 복수 회 절곡되며 연장되는 키리가미 패턴 열(11)을 복수개 포함할 수 있다.

[32] 또한, 도 2를 참조하면, 복수개의 키리가미 패턴 열(11) 중 하나는, 그의 산(111)

부분이 길이 방향 중 일 방향으로 이웃하는 키리가미 패턴 열(11)의 산 부분(111)과 힌지 결합되고, 그의 골 부분(112)이 길이 방향 중 타 방향으로 이웃하는 키리가미 패턴 열(11)의 골 부분(112)과 힌지 결합될 수 있다.

[33] 도 2와 도 3을 대비하여 보면, 이러한 키리가미 패턴 구조에 의하면, 코어(1)는 폭 방향으로의 변형 없이 길이 방향으로의 변형이 이루어질 수 있다. 또한 도 2와 도 4를 대비하여 보면, 코어(1)는 굽힘 변형도 용이하게 이루어질 수 있다.

[34] 또한, 도 1을 참조하면, 본 모핑 부재(1000)는 상부 SMP(형상 기억 폴리머, Shape Memory Polymer) 스킨층(2)을 포함한다. 또한, 본 모핑 부재(1000)는 상부 SMP 스킨층(2)의 하측에 배치되는 하부 SMP 스킨층(3)을 포함한다. 상술한 코어(1)는 상부 SMP 스킨층(2)과 하부 SMP 스킨층(3) 사이에 개재된다.

[35] 상부 SMP 스킨층(2), 코어(1), 및 하부 SMP 스킨층(3)은 일체화된 샌드위치 구조를 형성할 수 있다. 이를테면, 본 모핑 재료는 SMP 박막 재료 표면 판에 해당하는 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3) 각각에 키리가미 패턴의 코어(1)가 접착됨으로써 제조될 수 있다.

[36] 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3)은 미리 설정된 온도(Tg)를 기준으로 고온인 제1 상태에서 초기 형상으로 복원되려는 복원력 및 상기 복원력과 조합되는 외력에 대응하는 변형 자유도를 가질 수 있다.

[37] 구체적으로, SMP는 특정온도(Tg) 이상에서 유연해지는 특성(heat softenable materials) 및 변형 전의 형상을 기억하여 복원되려는 특성이 있다. 이에 따르면, 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3)은 제1 상태에서 유연해져 변형 가능한 상태가 될 수 있고, 제1 상태에서 복원력 및 그에 작용하는 외력의 조합에 따라 형상이 복원되거나 변형될 수 있다.

[38] 예시적으로, 제1 상태에서 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3)에 변형 전의 형상으로 복원되려는 복원력 외에 별도의 외력이 작용하지 않으면, 상부 및 하부 SMP 스킨층(2, 3)은 변형 전의 형상으로 복원될 수 있다.

[39] 또한, 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3)은 제1 상태에서 유연해져 변형 가능한 상태가 되므로, 제1 상태에서 외력이 작용하면 외력과 복원력의 조합에 따라 형상이 변형될 수 있다. 예를 들어, 제1 상태에서 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3)에 길이 방향으로 수축되려는 복원력이 작용될 때, 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3)을 길이 방향으로 인장시키려는 외력이 상기 복원력보다 크게 가해지게 되면, 상기 외력에서 상기 복원력만큼을 감한 크기만큼의 인장 외력에 대응하여 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3)이 길이 방향으로 인장 변형될 수 있을 것이다. 다른 예로, 제1 상태에서 복원력은 길이 방향으로 작용되고 외력은 굽힘 방향으로 작용되는 경우, 상부 SMP 스킨층(2)과 하부 SMP 스킨층(3)은 이러한 복원력과 외력이 조합된 벡터 방향 및 크기에 대응하여 형상이 변형될 수 있을 것이다.

[40] 도 5는 도 1의 본 모핑 부재가 길이 방향으로 변형된 것을 도시한 개략적인 사시도이고, 도 6은 도 1의 본 모핑 부재가 폭 방향으로 변형된 것을 도시한

개략적인 사시도이며, 도 7은 도 1의 본 모핑 부재가 굽힘 변형된 것을 도시한 개략적인 사시도이다. 참고로, 도 5 내지 도 7에서 코어는 개략적으로 도시되었다.

[41] 상술한 바와 같이, 코어(1)는 굽힘 변형, 길이 방향 변형 및 폭 방향 변형에 대한 자유도를 갖는 키리가미 패턴 구조를 가지므로, 도 1을 도 5 내지 도 7 각각과 대비하여 보면, 코어(1)는 제1 상태에서 키리가미 패턴 구조에 의해 상부 SMP 스킨층(2)의 변형 및 하부 SMP 스킨층(3)의 변형과 연동하는 변형을 할 수 있다. 이에 따라, 본 모핑 부재(1000)는 제1 상태에서 길이 방향으로의 변형, 폭 방향으로의 변형 및 굽힘 변형이 가능하다.

[42] 이에 따라, 도 1과 도 5를 대비하여 보면, 제1 상태에서 키리가미 패턴 구조에 의하면, 본 모핑 부재(1000)가 폭 방향의 변형 없이 길이 방향의 인장 변형만 이루어지는 zero-poisson's ratio가 구현될 수 있다. 또한, 제1 상태에서 키리가미 패턴 구조에 의하면, 본 모핑 부재(1000)가 폭 방향의 인장 변형 및 길이 방향의 인장 변형이 동시에 이루어지는 negative-poisson's ratio의 구현이 가능하다.

[43] 또한, 도 1과 도 6을 대비하여 보면, 본 모핑 부재(1000)는 제1 상태에서 폭 방향으로의 변형이 가능하다. 또한, 도 1과 도 7을 대비하여 보면, 본 모핑 부재(1000)는 제1 상태에서 굽힘 변형이 가능하다. 이와 같이, 제1 상태에서 본 모핑 부재(1000)는 길이 방향으로의 변형, 폭 방향으로의 변형 및 굽힘 변형 중 하나 이상이 가능하다.

[44] 이와 같이, 상부 및 하부 SMP 스킨층(2, 3)의 온도가 증가되어 제1 상태가 되면 본 모핑 부재(1000)는 형상 변형이 가능하여 그에 작용하는 외력과 복원력의 조합에 따라 형상 변형될 수 있다. 본 모핑 부재(1000)는 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3)에 의해, 제1 상태에서 기억된 형상으로 되돌아가려는 특성을 가지므로, 외력이 작용하지 않으면 기억된 형상으로 되돌아갈 수 있다.

[45] 또한, 상부 및 하부 SMP 스킨층(2, 3)의 온도가 감소되어 제2 상태가 되면 본 모핑 부재(1000)는 제2 상태가 되기 직전(제1 상태를 벗어나기 직전)에 가졌던 형상을 유지할 수 있다.

[46] 구체적으로, 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3)은 미리 설정된 온도를 기준으로 저온인 제2 상태에서는 제2 상태로 변환되기 전의 제1 상태에서의 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3)의 형상이 유지될 수 있다.

[47] 이에 따라, 제2 상태에서, 본 모핑 부재(1000)에는 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3)과 키리가미 패턴 구조가 조합되어 형성되는 굽힘 강성이 제공될 수 있다. 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨 층(3)은 코어(1)와 샌드위치 구조를 이루며 일체적으로 결합됨으로써, 단독(독립)적으로는 소정의 범위 내에서 변형(굽힘 변형, 인장 변형, 수축 변형)이 자유로운코어(1)의 변형을 구속할 수 있다. 나아가, 제2 상태에서 본 모핑 부재(1000)는 상부 SMP 스킨층(2), 하부 SMP 스킨 층(3) 및 코어(1)의 상호 결합 관계에 의해, 높은 굽힘 강성(bending stiffness)을 가지는 구조를 구축할 수 있다. 본 모핑 부재(1000)는

제2 상태에서 변형이 자유로운 코어의 상부와 하부가 변형 구속됨으로써 강결(rigid) 트러스 구조를 제공할 수 있다.

[48] 도 8은 본 모핑 부재의 개략적인 단면도이고, 도 9는 상부 SMP 스킨층 및 하부 SMP 스킨층이 적층된 것을 설명하기 위한 개략적인 단면도이다.

[49] 도 8을 참조하면, 상술한 바와 같이, 본 모핑 부재(1000)는 코어(1), 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3)이 샌드위치 구조로 배치된 구조이기 때문에 굽힘 하중을 효과적으로 버틸 수 있고 높은 강성을 가질 수 있다.

[50] 예를 들어, 코어(1)를 제외하고 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3)으로만 이루어지는 구조의 경우(도 9 참조)를 본 모핑 부재(1000)(도 8 참조)와 대비하여 보면, 각각의 상부 SMP 스킨층 및 하부 SMP 스킨층이 같은 두께(t) 및 같은 폭(w)을 가진다고 하였을 때 코어(1)로 인해 본 모핑 부재(1000)의 굽힘 강성(도 8 참조)은 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3)으로만 이루어지는 구조(도 9 참조)의 굽힘 강성보다 훨씬 커지게 된다.

[51] 정리하면, 본 모핑 부재(1000)는, 상부 SMP 스킨층(2), 하부 SMP 스킨층(3), 및 키리가미 패턴 구조로 이루어진 코어(1)를 포함함으로써 제1 상태에서 다른 형상(굽힘 변형, 길이 방향으로의 변형, 및 축 방향으로의 변형 중 하나 이상)으로 용이하게 변형될 수 있다. 또한, 본 모핑 부재(1000)는 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3)의 온도를 미리 설정된 온도 이하로 낮추어 제2 상태가 되게 함으로써, 제2 상태로 변환되기 전의 제1 상태에서의 형상을 유지할 수 있다.

[52] 이와 같은 본 모핑 부재(1000)는 키리가미 패턴 열의 변형을 통해 연속적인 변형이 가능하다. 또한, 본 모핑 부재(1000)는 키리가미 패턴 구조가 갖는 힌지의 굽힘 정도에 따라 길이방향으로만 길이가 늘어나는 zero-poisson's ratio, 길이방향과 폭방향으로 동시에 늘어나는 negative-poisson's ratio 및 모핑 특성을 가질 수 있다. 또한, 본 모핑 부재(1000)는 종래와 달리 형상 변형 시 별도의 작동기가 필요하지 않으므로 간명한 구조를 가질 수 있다. 또한, 본 모핑 부재(1000)는 키리가미 패턴 구조를 통해 형상 변환 및 부피 증감이 용이하다. 또한, 본 모핑 부재(1000)는 일정 이상의 하중을 버틸 수 있다.

[53] 또한, 본 모핑 부재(1000)는 연속적인 형상 변형이 가능하다. 또한, 3축 모든 방향으로 형상 변형 가능하다. 또한, 본 모핑 부재(1000)는 와이어와 같은 추가적인 작동기의 필요 없이 단순히 상부 및 하부 SMP 스킨층(2, 3)의 온도 변화로 형상이 변형될 수 있다. 이에 따라, 종래에 비해 본 모핑 부재(1000)는 저전력으로 형상 변형이 가능하다. 또한, SMP 스킨층이 상부 및 하부(2, 3)에 형성되는 샌드위치 구조를 갖기 때문에 제1 상태에서는 형상 변형이 용이하고 제2 상태에서는 높은 강성을 가질 수 있다.

[54] 또한, 본 모핑 부재(1000)는 상부 SMP 스킨층(2), 및 하부 SMP 스킨층(3)의 온도를 증가 또는 감소시키도록 설치되는 전도체를 포함할 수 있다. 전도체에 의해 상부 SMP 스킨층(2), 및 하부 SMP 스킨층(3)의 온도는 증가 또는 감소될 수 있어 제1 상태 또는 제2 상태가 될 수 있다.

[55] 예시적으로, 전도체는 상부 SMP 스킨층(2)의 내면 및 하부 SMP 스킨층(3)의 내면에 배치될 수 있다. 여기서, 상부 SMP 스킨층(2)의 내면은 상부 SMP 스킨층(2)의 코어(1)를 향하는 면(도면 기준 하면)을 의미할 수 있다. 또한, 하부 SMP 스킨층(3)의 내면은 하부 SMP 스킨층(3)의 코어(1)를 향하는 면(도면 기준 상면)을 의미할 수 있다. 또는, 전도체는 상부 SMP 스킨층(2)의 내부 및 하부 SMP 스킨층(3)의 내부에 배치될 수 있다.

[56] 또한 다른 구현예로서, 본 모핑 부재(1000)는 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3)의 온도를 증가 또는 감소시키도록 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3) 주변에 기체를 대류시키는 대류 장치를 포함할 수 있다. 대류 장치는 기체의 온도를 제1 상태 및 제2 상태에 대응하여 조절 가능하다.

[57] 즉, 본 모핑 부재(1000)에 있어서, 상부 SMP 스킨층(2) 및 하부 SMP 스킨층(3)의 온도를 증가 또는 감소시키는 방법으로는 전도체를 설치(부착)하거나 외부 공기의 대류를 이용하는 방법이 있을 수 있다.

[58] 또한, 본원은 본원의 일 실시예에 따른 모핑 부재(1000)를 포함하는 모핑 날개를 제공할 수 있다. 이에 따라, 에어포일의 형상이 용이하게 변경되는 모핑 날개 및 이를 포함하는 항공기가 구현될 수 있다. 이러한 모핑 날개가 항공기에 적용되면, 기존의 항공기에 비해 저전력으로 향상된 비행 시간 동안 운항될 수 있는 항공기가 구현될 수 있다.

[59] 또한, 본원은 본원의 일 실시예에 따른 모핑 부재(1000)를 포함하는 항공기의 스킨을 제공할 수 있다. 일반적으로, 항공기는 그 골격에 대해 다수의 스킨이 구비됨으로써 날개, 동체 등이 형성된다, 본 모핑 부재(1000)는 이러한 스킨에 적용될 수 있다. 또한, 본원은 본원의 일 실시예에 따른 모핑 부재(1000)를 포함하는 항공기를 제공할 수 있다.

[60] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[61] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

청구범위

[청구항 1] 모핑 부재에 있어서,
상부 SMP 스킨층;
상기 상부 SMP 스킨층의 하측에 배치되는 하부 SMP 스킨층; 및
상기 모핑 부재의 길이 방향과 폭 방향을 따라 키리가미 패턴 구조가 배열되고, 상기 상부 SMP 스킨층과 상기 하부 SMP 스킨층 사이에 개재되는 코어를 포함하되,
상기 상부 SMP 스킨층 및 상기 하부 SMP 스킨층은, 미리 설정된 온도를 기준으로 고온인 제1 상태에서 초기 형상으로 복원되려는 복원력 및 상기 복원력과 조합되는 외력에 대응하는 변형 자유도를 가지고,
상기 미리 설정된 온도를 기준으로 저온인 제2 상태에서는, 상기 제2 상태로 변환되기 전의 상기 제1 상태에서의 상기 상부 SMP 스킨층 및 상기 하부 SMP 스킨층의 형상이 유지되는 것인, 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재.

[청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 상부 SMP 스킨층, 상기 코어, 및 상기 하부 SMP 스킨층은 일체화된 샌드위치 구조를 형성하는 것인, 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재.

[청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 제2 상태에서, 상기 모핑 부재에는 상기 상부 SMP 스킨층 및 상기 하부 SMP 스킨층과 키리가미 패턴 구조가 조합되어 형성되는 굽힘 강성이 제공되는 것인, 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재.

[청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 키리가미 패턴 구조는, 굽힘 변형, 길이 방향 변형 및 폭 방향 변형에 대한 자유도를 갖는 구조인 것인, 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재.

[청구항 5] 제1항에 있어서,
상기 키리가미 패턴 구조는, 폭 방향을 따라 산과 골이 교번하여 형성되는 형태로 복수 회 절곡되며 연장되는 키리가미 패턴 열을 복수개 포함하고,
복수개의 상기 키리가미 패턴 열 중 하나는, 그의 산 부분이 길이 방향 중 일 방향으로 이웃하는 키리가미 패턴 열의 산 부분과 힌지 결합되고, 그의 골 부분이 길이 방향 중 타 방향으로 이웃하는 키리가미 패턴 열의 골 부분과 힌지 결합되는 것인, 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재.

[청구항 6] 제1항에 있어서,
상기 제1 상태에서 상기 키리가미 패턴 구조에 의하면,
상기 모핑 부재가 폭 방향의 변형 없이 길이 방향의 인장 변형만 이루어지는 zero-poisson's ratio 및 상기 모핑 부재가 폭 방향의 인장 변형

및 길이 방향의 인장 변형이 동시에 이루어지는 negative-poisson's ratio의 구현이 가능한 것인, 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재.

[청구항 7] 제1항에 있어서,
상기 상부 SMP 스킨층 및 상기 하부 SMP 스킨층의 온도를 증가 또는 감소시키도록 설치되는 전도체를 더 포함하는, 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재.

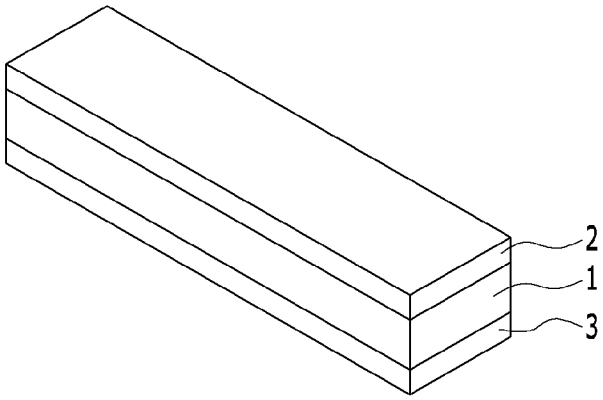
[청구항 8] 제7항에 있어서,
상기 전도체는 상기 상부 SMP 스킨층의 내면 또는 내부 및 상기 하부 SMP 스킨층의 내면 또는 내부에 배치되는 것인, 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재.

[청구항 9] 제1항에 있어서,
상기 상부 SMP 스킨층 및 상기 하부 SMP 스킨층의 온도를 증가 또는 감소시키도록 상기 상부 SMP 스킨층 및 상기 하부 SMP 스킨층 주변에 기체를 대류시키는 대류 장치를 더 포함하고,
상기 대류 장치는 상기 기체의 온도를 상기 제1 상태 및 상기 제2 상태에 대응하여 조절 가능한 것인, 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재.

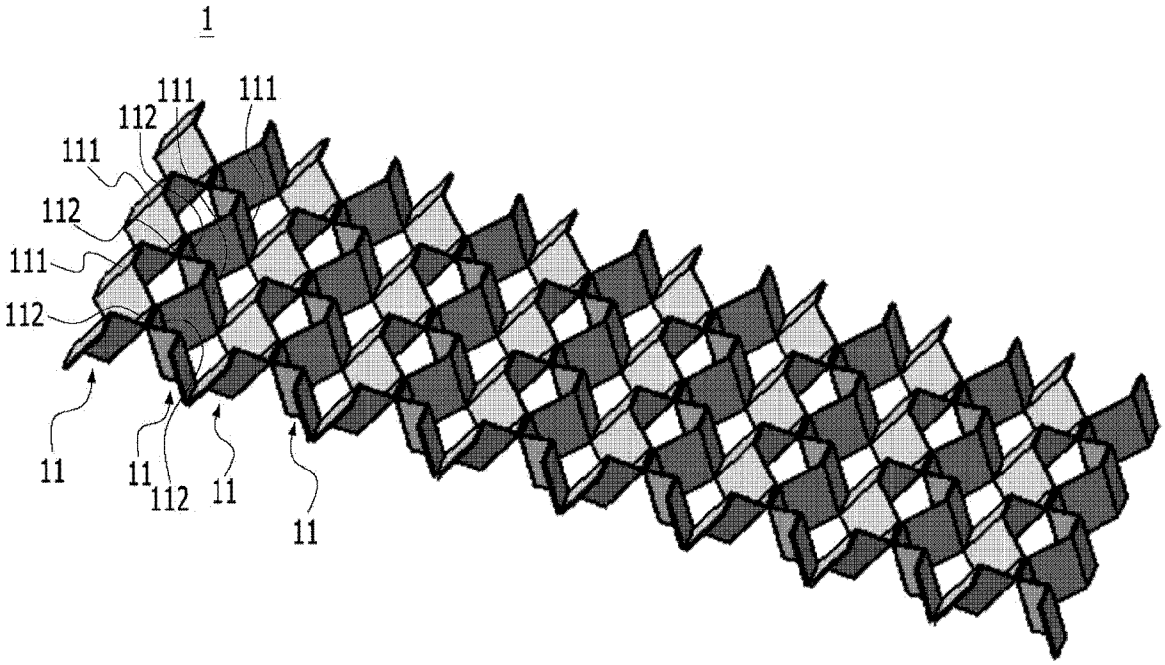
[청구항 10] 제1항에 따른 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재를 포함하는 모핑 날개.

[청구항 11] 제1항에 따른 키리가미 패턴을 이용한 형상기억 모핑 부재를 포함하는 항공기의 스킨.

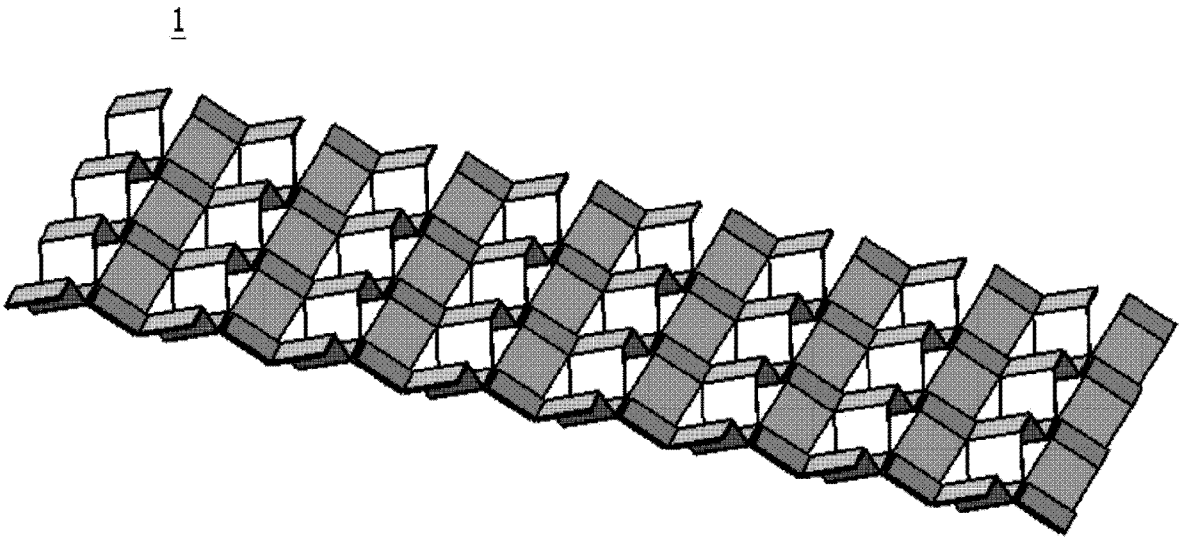
[도1]



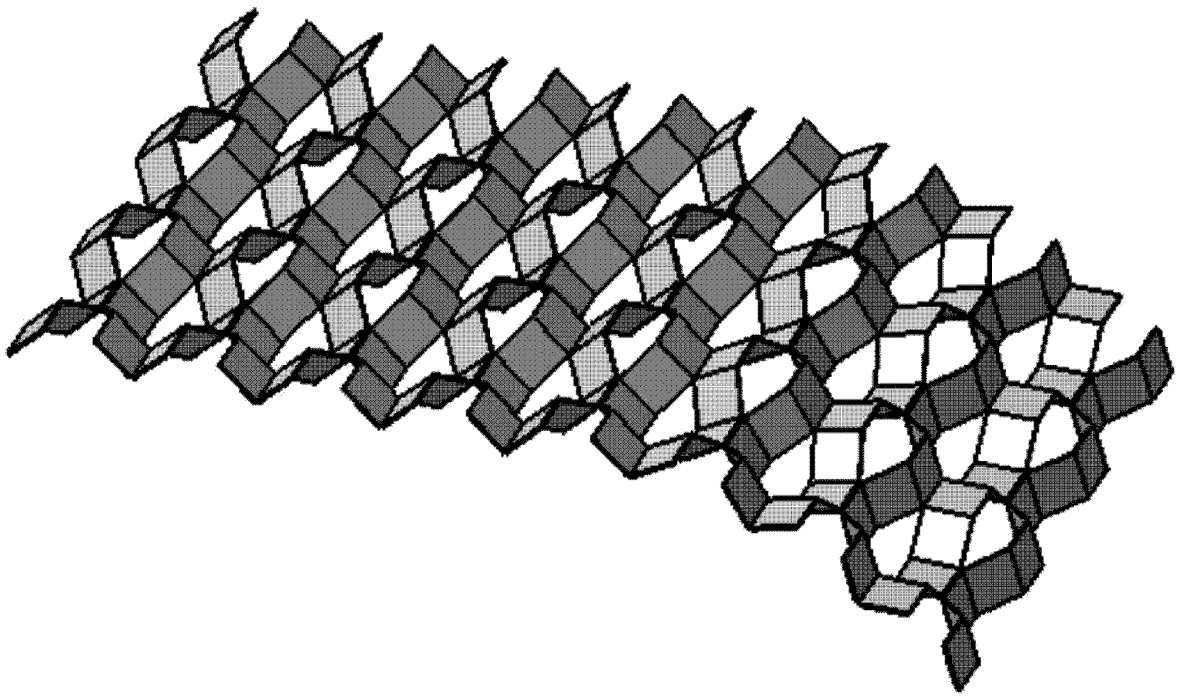
[도2]



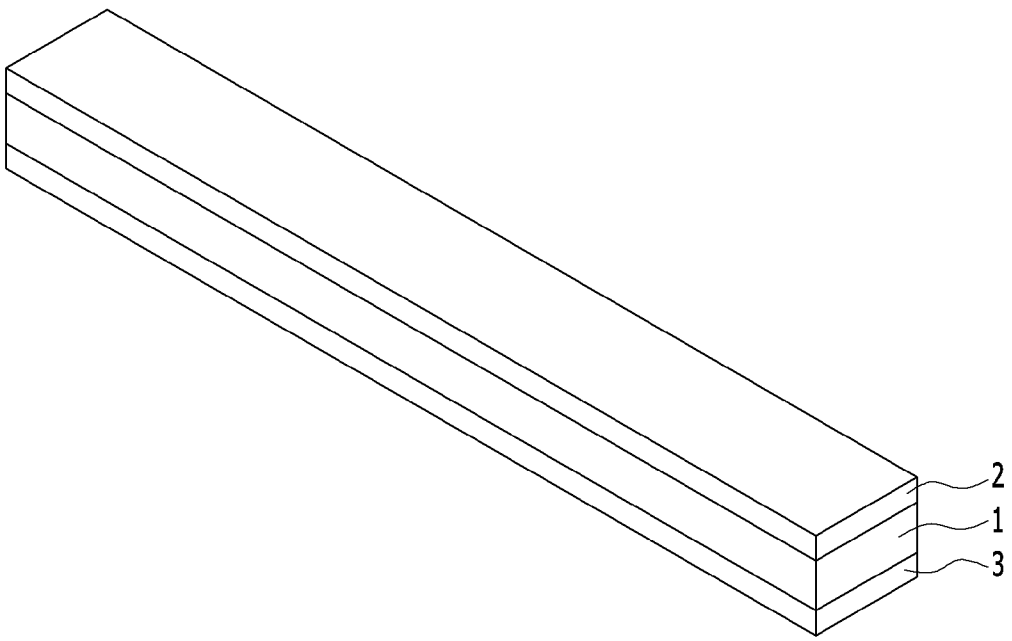
[도3]



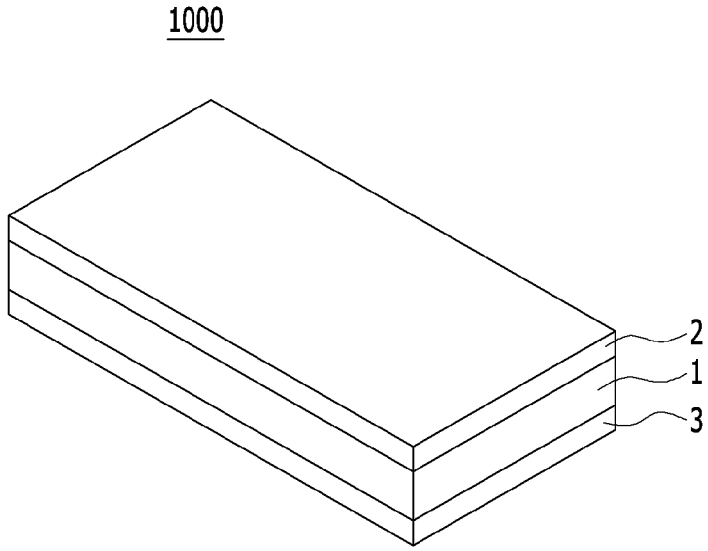
[도4]



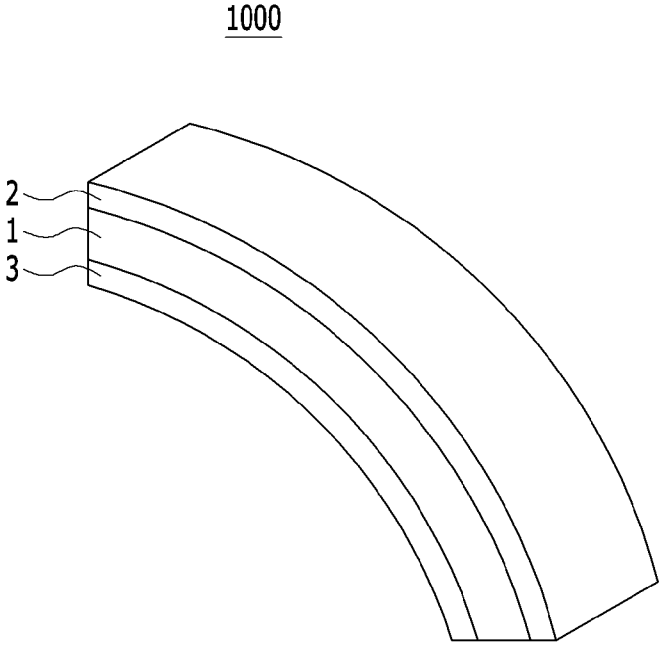
[도5]



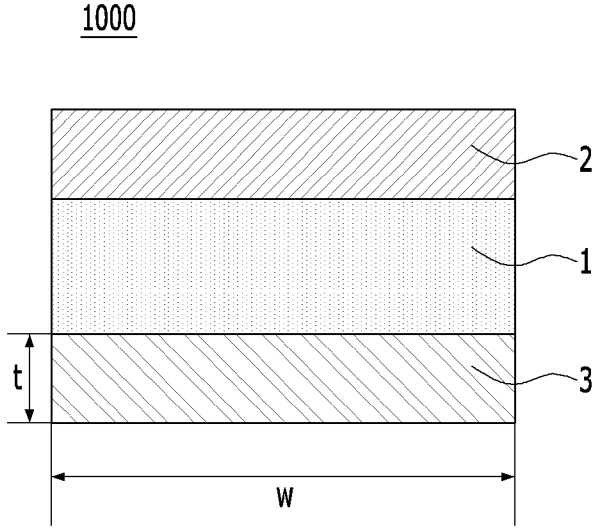
[도6]



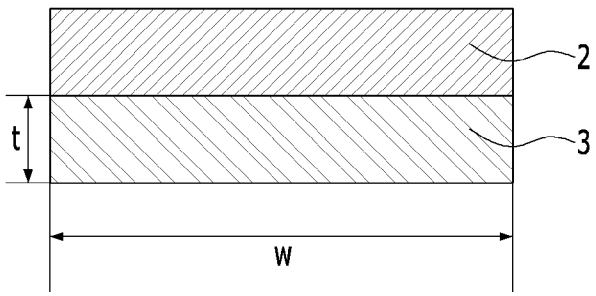
[도7]



[도8]



[도9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2017/013200

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B64C 3/38(2006.01)i, B64C 3/26(2006.01)i, B64C 1/12(2006.01)i, B32B 3/28(2006.01)i, B64C 3/44(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)

B64C 3/38; B32B 5/18; B32B 7/02; B64C 3/44; B32B 15/01; B64C 3/54; B32B 37/02; B64C 3/26; B64C 1/12; B32B 3/28

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: shape memory morphing member, kirigami pattern, skin layer, tensile strain, temperature, electric conductor, convection device

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 7931240 B2 (KOTHERA et al.) 26 April 2011 See column 1, lines 29-72, column 3, line 53-column 4, line 11, column 5, lines 10-36 and figures 1-2, 9, 14.	1-11
Y	NEVILLE et al., "Shape Morphing Kirigami Mechanical Metamaterials", Scientific Reports 6, 05 August 2016, pages 1-11. See page 11 and figures 2, 7, 9.	1-11
Y	JP 2012-517922 A (RAYTHEON COMPANY) 09 August 2012 See paragraphs [0011], [0013] and figure 1.	7-8
Y	US 6182929 B1 (MARTIN et al.) 06 February 2001 See column 5, lines 45-54, claim 13 and figures 2A-2B.	9
A	US 2011-0300358 A1 (BLOHOWIAK et al.) 08 December 2011 See paragraphs [0037]-[0039] and figure 2.	1-11

☐ 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
"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
21 FEBRUARY 2018 (21.02.2018)	**21 FEBRUARY 2018 (21.02.2018)**
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8578	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2017/013200

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
US 7931240 B2	26/04/2011	US 2008-0035788 A1	14/02/2008
		US 2008-0035798 A1	14/02/2008
		US 2009-0301292 A1	10/12/2009
		US 2011-0067563 A1	24/03/2011
		US 2013-0318791 A1	05/12/2013
		US 7837144 B2	23/11/2010
		US 8307753 B2	13/11/2012
		US 8904919 B2	09/12/2014
		US 9486883 B2	08/11/2016
JP 2012-517922 A	09/08/2012	EP 2411673 A1	01/02/2012
		EP 2411673 B1	29/05/2013
		JP 5318973 B2	16/10/2013
		US 2010-0243808 A1	30/09/2010
		US 8573535 B2	05/11/2013
		WO 2010-110829 A1	30/09/2010
US 6182929 B1	06/02/2001	DE 19742314 A1	01/04/1999
		DE 19742314 C2	21/06/2000
		EP 0905019 A2	31/03/1999
		EP 0905019 A3	01/03/2000
US 2011-0300358 A1	08/12/2011	CN 102933387 A	13/02/2013
		EP 2576212 A1	10/04/2013
		JP 2013-533813 A	29/08/2013
		JP 2016-106044 A	16/06/2016
		JP 5837579 B2	24/12/2015
		JP 6037411 B2	07/12/2016
		WO 2011-152963 A1	08/12/2011

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2017/013200

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

B64C 3/38(2006.01)i, B64C 3/26(2006.01)i, B64C 1/12(2006.01)i, B32B 3/28(2006.01)i, B64C 3/44(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)
B64C 3/38; B32B 5/18; B32B 7/02; B64C 3/44; B32B 15/01; B64C 3/54; B32B 37/02; B64C 3/26; B64C 1/12; B32B 3/28

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: 형상기억 모핑 부재, 키리가미 패턴, 스킨층, 인장 변형, 온도, 전도체, 대류장치

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	US 7931240 B2 (KOTHERA 등) 2011.04.26 컬럼 1, 라인 29-72, 컬럼 3, 라인 53 - 컬럼 4, 라인 11, 컬럼 5, 라인 10-36 및 도면 1-2, 9, 14 참조.	1-11
Y	NEVILLE 등,`Shape morphing Kirigami mechanical metamaterials',Scientific reports 6,2016.08.05,페이지 1-11. 페이지 11 및 도면 2, 7, 9 참조.	1-11
Y	JP 2012-517922 A (RAYTHEON COMPANY) 2012.08.09 단락 [0011], [0013] 및 도면 1 참조.	7-8
Y	US 6182929 B1 (MARTIN 등) 2001.02.06 컬럼 5, 라인 45-54, 청구항 13 및 도면 2A-2B 참조.	9
A	US 2011-0300358 A1 (BLOHOWIAK 등) 2011.12.08 단락 [0037]-[0039] 및 도면 2 참조.	1-11

☐ 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

"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	국제조사보고서 발송일
2018년 02월 21일 (21.02.2018)	2018년 02월 21일 (21.02.2018)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)
팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관
김진호
전화번호 +82-42-481-8699

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2017/013200

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 7931240 B2	2011/04/26	US 2008-0035788 A1	2008/02/14
		US 2008-0035798 A1	2008/02/14
		US 2009-0301292 A1	2009/12/10
		US 2011-0067563 A1	2011/03/24
		US 2013-0318791 A1	2013/12/05
		US 7837144 B2	2010/11/23
		US 8307753 B2	2012/11/13
		US 8904919 B2	2014/12/09
		US 9486883 B2	2016/11/08
JP 2012-517922 A	2012/08/09	EP 2411673 A1	2012/02/01
		EP 2411673 B1	2013/05/29
		JP 5318973 B2	2013/10/16
		US 2010-0243808 A1	2010/09/30
		US 8573535 B2	2013/11/05
		WO 2010-110829 A1	2010/09/30
US 6182929 B1	2001/02/06	DE 19742314 A1	1999/04/01
		DE 19742314 C2	2000/06/21
		EP 0905019 A2	1999/03/31
		EP 0905019 A3	2000/03/01
US 2011-0300358 A1	2011/12/08	CN 102933387 A	2013/02/13
		EP 2576212 A1	2013/04/10
		JP 2013-533813 A	2013/08/29
		JP 2016-106044 A	2016/06/16
		JP 5837579 B2	2015/12/24
		JP 6037411 B2	2016/12/07
		WO 2011-152963 A1	2011/12/08