(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0138220
(43) 공개일자 2023년10월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B29C 64/165 (2017.01) *B29C 64/314* (2017.01)
B33Y 10/00 (2015.01) *B33Y 40/00* (2020.01)
B33Y 70/10 (2020.01) *B33Y 80/00* (2015.01)
H01L 21/00 (2006.01) *H10K 99/00* (2023.01)
B29L 31/34 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B29C 64/165 (2017.08)
B29C 64/314 (2017.08)
(21) 출원번호 10-2022-0036001
(22) 출원일자 2022년03월23일
심사청구일자 2022년03월23일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
이보연
대전광역시 유성구 문지로316번길 37-3 203호
오선종
서울특별시 노원구 광운로2나길 30 (월계동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
한상수

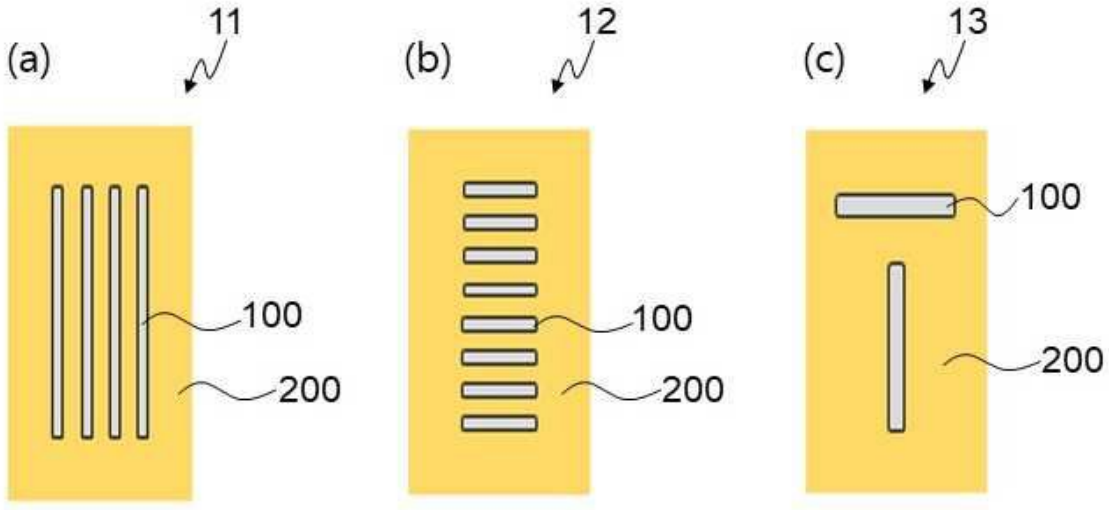
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **스마트 소재 미세패턴 적층 프린팅 기반 전자소자 및 이의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명의 일 실시 예는 유연/신축 전도성 소자(필름) 위에 3D 프린팅 기술 기반으로 투명한 자극가변 소재(프로그래머블 소재)를 적층 및 패터닝하여 원하는 형상으로 외부자극에 대해 스스로 3차원 변형이 가능하게끔 하는 기술을 제공한다. 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 소재 미세패턴 적층 프린팅 기반 전자소자는, 전도성 소재로 형성되어 전기 전도성 및 유연성을 구비하는 전도성부; 및 외부의 물리적 자극에 의해 분자 배열이 가변하는 자극가변 소재가 전도성부의 표면에 적층 및 패터닝되어 형성되는 자극가변부를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B33Y 10/00 (2013.01)
B33Y 40/00 (2023.05)
B33Y 70/10 (2023.05)
B33Y 80/00 (2013.01)
H01L 21/00 (2021.01)
H10K 99/00 (2023.02)
B29L 2031/34 (2013.01)
(72) 발명자
여선주
대전광역시 유성구 가정로 43 (신성동)

김영수
경기도 화성시 동탄반석로 277 (석우동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 013
과제번호 KN013D
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국기계연구원
연구사업명 기본/자체연구사업(Ⅲ)
연구과제명 비평면 유연전자소자 제조 용 스마트 전도성 적층 소재 4D 프린팅 기술 개발 (1/1)
기 여 율 20/100
과제수행기관명 한국기계연구원
연구기간 2021.04.01 ~ 2021.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 0990
과제번호 NB0990
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 과기부-국가연구개발사업(Ⅳ)
연구과제명 자성기반 맥박 패턴 측정 및 다중채널 이용 타겟물질 검출 기술 개발 (3/6)
기 여 율 50/100
과제수행기관명 한국기계연구원, 대구경북과학기술원
연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711150589
과제번호 NK236C
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국기계연구원
연구사업명 기본사업(II)
연구과제명 나노기반 옴니텍스(Omni-TEX) 제조기술 개발(1-1) (5/6)
기 여 율 30/100
과제수행기관명 한국기계연구원
연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

전도성 소재로 형성되어 전기 전도성 및 유연성을 구비하는 전도성부; 및

외부의 물리적 자극에 의해 분자 배열이 가변하는 자극가변 소재가 상기 전도성부의 표면에 적층 및 패터닝되어 형성되는 자극가변부를 포함하고,

외부의 물리적 자극에 의한 상기 자극가변부의 변형에 의하여 형상이 가변하는 것을 특징으로 하는 스마트 소재 미세패턴 적층 프린팅 기반 전자소자.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 전도성부는 필름, 파이버 또는 관의 형상을 구비하는 것을 특징으로 하는 스마트 소재 미세패턴 적층 프린팅 기반 전자소자.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 자극가변 소재는, 액정 탄성중합체(liquid crystal elastomer)를 포함하는 것을 특징으로 하는 스마트 소재 미세패턴 적층 프린팅 기반 전자소자.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 자극가변 소재는 액정상을 띠는 반응성 액정단량체(reactive mesogen), 3D 프린팅에 용이한 점도를 부여하는 체인증량제(chain extender), 광중합반응에 이용되는 광재시제(photoinitiator) 및, 가교결합 반응에 이용되는 촉매제(catalyst)를 이용한 합성 반응에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 스마트 소재 미세패턴 적층 프린팅 기반 전자소자.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 반응성 액정단량체는 1,4-Bis-[4-(3-acryloyloxyhexyloxy) benzoyloxy]-2-methylbenzene(RM 257)이고, 상기 체인증량제는 2,2-(ethylenedioxy) diethanethiol(EDDET)와 pentaerythritol terakis(3-mercaptopropionate)(PETMP)인 것을 특징으로 하는 스마트 소재 미세패턴 적층 프린팅 기반 전자소자.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 광재시제는 2-Hydroxy-2-methylpropiophenone(HHMP)이고, 상기 촉매제는 Dipropyl amine(DPA)인 것을 특징으로 하는 스마트 소재 미세패턴 적층 프린팅 기반 전자소자.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 전도성 소재는, 유기 폴리머와 전도성 금속 나노와이어를 혼합하여 형성되는 것을 특징으로 하는 스마트 소재 미세패턴 적층 프린팅 기반 전자소자.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 전도성 소재의 조성 비율에 있어서, 전도성 금속 나노와이어의 비율은 80 내지 90 wt%이고, 유기 폴리머의 비율은 10 내지 20 wt%인 것을 특징으로 하는 스마트 소재 미세패턴 적층 프린팅 기반 전자소자.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 전도성부와 상기 자극가변부는 3D 프린팅에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 스마트 소재 미세패턴 적층 프린팅 기반 전자소자.

청구항 10

청구항 1 내지 청구항 9 중 선택되는 어느 하나의 항에 의한 스마트 소재 미세패턴 적층 프린팅 기반 전자소자를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로 그리퍼.

청구항 11

청구항 4의 스마트 소재 미세패턴 적층 프린팅 기반 전자소자의 제조방법에 있어서,

상기 반응성 액전단량체, 상기 체인증량제, 상기 광재시제 및 상기 촉매제를 이용하여 상기 자극가변 소재를 합성하는 제1단계;

상기 전도성 소재를 생성시키는 제2단계;

상기 전도성 소재를 이용하여 3D 프린팅을 수행함으로써 상기 전도성부를 형성시키는 제3단계; 및

상기 자극가변 소재를 이용하여 상기 전도성부의 표면에 3D 프린팅을 수행함으로써 상기 자극가변부를 형성시키는 제4단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 스마트 소재 미세패턴 적층 프린팅 기반 전자소자의 제조방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 제3단계와 상기 제4단계 사이, 상기 자극가변 소재를 3D 프린팅하여 확인용 구조체를 형성시키고 상기 확인용 구조체를 이용하여 액정 분자 정렬도를 검사하는 검사 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 스마트 소재 미세패턴 적층 프린팅 기반 전자소자의 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 스마트 소재 미세패턴 적층 프린팅 기반 전자소자 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 유연/신축 전도성 소자(필름) 위에 3D 프린팅 기술 기반으로 투명한 자극가변 소재(프로그래머블 소재)를 적층 및 패터닝하여 원하는 형상으로 외부자극에 대해 스스로 3차원 변형이 가능하게끔 하는 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 4D 변형 기술이란, 시간에 따라 온도 변화, 자기장 변화와 같은 외부 자극원에 의해 3차원으로 변형이 일어나는 구조체에 대한 기술을 의미하며, 이와 같은 4D 변형 기술은 소프트 로봇, 마이크로 생체 로봇, 마이크로 그리퍼, 웨어러블 디바이스, 인공 근육 등의 분야에 다양하게 이용될 수 있어, 이에 대한 연구가 증가하고 있다.

[0004] 4D 변형 구조체의 형성을 위한 기존의 4D 프린팅 연구에서는, 주로 비전도성의 스마트 소재를 이용하여 소자를 제작하고, 그 스마트 소재의 변형을 연구하며, 스마트 소재 자체가 변형 소자가 되어 활용되도록 한다. 따라서, 기계적 특성만 요구되는 그리퍼나 소프트 로봇의 움직임 등에 주로 적용되는 한계가 있다.

[0005] 미국 공개특허 제2020-0316847호(발명의 명칭: Object of additive manufacture with encoded predicted shape change and method of manufacturing same)에서는, 3차원 프린터로부터 제1 중합성 소재의 다수의 층을 분배하는 단계, 3차원 프린터로부터 제2 중합성 소재의 다수의 층을 분배하는 단계 등을 수행하여 2개의 층을 구비하는 소자를 제조하는 사항 및, 온도 변화의 외부 자극에 대해 제1중합성 소재의 팽윤성 보다 제2중합성 소재의 팽윤성이 낮아, 외부 자극에 의해 상기 소자가 소정의 형상으로 가변하는 사항 등이 개시되어 있다.

[0006] 대한민국 등록특허 제10-1749212호(발명의 명칭: 4D 프린팅 어셈블리 구조물)에서는, 일체형으로 연장 형성되며 4D 프린터로 특정 부분이 변형되도록 디자인된 직선 구조의 프레임 및 상기 프레임 사이사이에 마련되며 시간의 흐름에 따라 변형이 일어나는 복수개의 관절부를 포함하고, 상기 관절부는 서로 상이한 열전도율을 가지도록 설정되는 어셈블리 구조물이 개시되어 있다.

[0007] 상기와 같은, 종래기술의 4D 프린팅 기술에서는, 주로 비전도성의 스마트 소재를 프린팅하여 그 스마트 소재의 변형을 이용한다는 한계점이 존재한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 미국 공개특허 제2020-0316847호

(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 제10-1749212호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은, 유연/신축 전도성 소자(필름) 위에 3D 프린팅 기술 기반으로 투명한 자극가변 소재(프로그래머블 소재)를 적층 및 패터닝하여 원하는 형상으로 외부자극에 대해 스스로 3차원 변형이 가능하게끔 하는 것이다.

[0011] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 구성은, 전도성 소재로 형성되어 전기 전도성 및 유연성을 구비하는 전도성부; 및 외부의 물리적 자극에 의해 분자 배열이 가변하는 자극가변 소재가 상기 전도성부의 표면에 적층 및 패터닝되어 형성되는 자극가변부를 포함하고, 외부의 물리적 자극에 의한 상기 자극가변부의 변형에 의하여 형상이 가변하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 전도성부는 필름, 파이버 또는 관의 형상을 구비할 수 있다.

[0015] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 자극가변 소재는, 액정 탄성중합체(liquid crystal elastomer)를 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 자극가변 소재는 액정상을 띠는 반응성 액정단량체(reactive mesogen), 3D 프린팅에 용이한 점도를 부여하는 체인증량제(chain extender), 광중합반응에 이용되는 광재시제(photoinitiator) 및, 가교결합 반응에 이용되는 촉매제(catalyst)를 이용한 합성 반응에 의해 형성될 수 있다.

[0017] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 반응성 액정단량체는 1,4-Bis-[4-(3-acryloyloxyhexyloxy) benzoyloxy]-2-methylbenzene(RM 257)이고, 상기 체인증량제는 2,2-(ethylenedioxy) diethanethiol(EDDET)와 pentaerythritol terakis(3-mercaptopropionate)(PETMP)일 수 있다.

[0018] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 제1단계에서, 상기 광재시제는 2-Hydroxy-2-methylpropiophenone(HHMP)이고, 상기 촉매제는 Dipropyl amine(DPA)일 수 있다.

[0019] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 전도성 소재는, 유기 폴리머와 전도성 금속 나노와이어를 혼합하여 형성될 수 있다.

[0020] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 전도성 소재의 조성 비율에 있어서, 전도성 금속 나노와이어의 비율은 80 내지 90 wt%이고, 유기 폴리머의 비율은 10 내지 20 wt%일 수 있다.

[0021] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 전도성부와 상기 자극가변부는 3D 프린팅에 의해 형성될 수 있다.

[0022] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 구성은, 상기 반응성 액전단량체, 상기 체인증량제, 상기 광재시제 및 상기 촉매제를 이용하여 상기 자극가변 소재를 합성하는 제1단계; 상기 전도성 소재를 생성시키는 제2단계; 상기 전도성 소재를 이용하여 3D 프린팅을 수행함으로써 상기 전도성부를 형성시키는 제3단계; 및 상기 자극가변 소재를 이용하여 상기 전도성부의 표면에 3D 프린팅을 수행함으로써 상기 자극가변부를 형성시키는 제4단계를 포함한다.

[0023] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 제3단계와 상기 제4단계 사이, 상기 자극가변 소재를 3D 프린팅하여 확인용 구조체를 형성시키고 상기 확인용 구조체를 이용하여 액정 분자 정렬도를 검사하는 검사 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0025] 상기와 같은 구성에 따른 본 발명의 효과는, 자극가변부가 전도성부에 대해 supporting layer이자 driving layer 역할을 하여 움직이게 하는 4D 프린팅 기술이 구현될 수 있다는 것이다.

[0026] 그리고, 본 발명의 효과는, 프로그래머블 소재를 적층 프린팅 하여 변형을 유도하는 기술이므로 형상을 아는 다양한 전도성 소재/소자에 적용 가능하다는 것이다.

[0027] 본 발명의 효과는 상기한 효과로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 상세한 설명 또는 특허청구범위에 기재된 발명의 구성으로부터 추론 가능한 모든 효과를 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 각 실시 예에 따른 전자소자의 모식도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 전자소자의 제조방법에 대한 이미지이다.

도 3과 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 액정 분자 정렬도 확인에 대한 이미지이다.

도 5와 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전자소자의 변형에 대한 이미지이다.

도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전자소자의 시간에 따른 변형을 나타낸 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 따라서 여기에서 설명하는 실시 예로 한정되는 것은 아니다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0031] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결(접속, 접촉, 결합)"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 부재를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 구비할 수 있다는 것을 의미한다.

[0032] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0033] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명에 대하여 상세히 설명하기로 한다.

[0035] 도 1은 본 발명의 각 실시 예에 따른 전자소자의 모식도이다. 구체적으로, 도 1의 (a)는 제1실시예에 의한 제1전자소자(11)를 나타내고, 도 1의 (b)는 제2실시예에 의한 제2전자소자(12)를 나타내며, 도 1의 (c)는 제3실시예에 의한 제3전자소자(13)를 나타낸다. 도 1에서 보는 바와 같이, 자극가변부(100)의 형상, 위치, 수 등을 조절하여 본 발명의 전자소자를 형성할 수 있다.

[0036] 도 1에서 보는 바와 같이, 본 발명의 전자소자는, 전도성 소재로 형성되어 전기 전도성 및 유연성을 구비하는 전도성부(200); 및 외부의 물리적 자극에 의해 분자 배열이 가변하는 자극가변 소재가 전도성부(200)의 표면에 적층 및 패터닝되어 형성되는 자극가변부(100)를 포함한다.

[0037] 본 발명의 전자소자는, 외부의 물리적 자극에 의한 자극가변부(100)의 변형에 의하여 형상이 가변할 수 있다. 여기서, 형상 변화는 3차원적인 형상 변화를 의미한다.

[0038] 외부의 물리적 자극으로는 온도 변화, 자계 또는 전계, 물리적 접촉 등 다양한 자극을 의미할 수 있다. 그리고, 자극가변 소재는, 스마트 소재 또는 프로그래머블 소재(programmable matter)로, 외부 환경/자극에 의해 물리적 특성이 변할 수 있는 소재일 수 있다.

[0039] 전도성부(200)와 자극가변부(100)는 3D 프린팅에 의해 형성될 수 있다. 즉, 전도성부(200)는 적층 성형에 의하여 형성될 수 있으며, 또한, 자극가변부(100)는 적층 성형에 의하여 형성될 수 있다. 이에 따라, 기존에 4D 프린팅이 용이하지 않은 전도성 소재의 구조체에 4D 변형 기술을 구현할 수 있다.

[0040] 여기서, 4D 프린팅 기술은, 미리 설계된 시간이나 임의 환경 조건이 충족되면 스스로 모양을 변경 또는 제조하여 새로운 형태로 바뀌는 물체를 3D 프린팅하는 기술을 의미한다.

[0041] 전도성부(200)는 필름, 파이버 또는 관의 형상을 구비할 수 있다. 여기서, 자극가변부(100)는 적어도 하나 이상 형성될 수 있으며, 자극가변부(100)는 선형, 소정의 도형 형상, 3차원 구조체 등 다양한 형상으로 적층 성형될 수 있다.

[0042] 본 발명의 실시 예에서는, 전도성부(200)의 형상이 상기와 같이 형성된다고 설명하고 있으나, 이에 한정되는 것은 아니고, 전도성부(200)는 다양한 형상으로 형성될 수 있다.

[0043] 도 1에서 보는 바와 같이 전도성부(200)가 필름 형상으로 형성되는 경우에는, 전도성부(200)의 상부 또는 하부의 표면에 자극가변 소재가 패터닝되어 자극가변부(100)가 형성될 수 있다.

[0044] 그리고, 전도성부(200)가 파이버(fiber) 형상으로 형성되는 경우, 전도성부(200)의 외측면에 자극가변 소재가

패터닝되어 자극가변부(100)가 형성될 수 있으며, 전도성부(200)가 관의 형상으로 형성되는 경우, 전도성부(200)의 외측면 또는 내측면에 자극가변부(100)가 형성될 수 있다.

[0046] 자극가변 소재는, 액정 탄성중합체(liquid crystal elastomer)를 포함할 수 있다. 액정 탄성중합체를 합성하기 위하여, 기본적으로 thiol-acrylate Michael addition과 광중합반응(photo polymerization)을 기반으로 할 수 있다. Michael addition은 C-C 결합을 형성하는 가장 적합한 방법 중 하나이며, 이를 통해 프린팅 가능한 점도 특성을 갖도록 하여 프린팅 한 후 ultraviolet (UV) 광원을 조사하여 광중합반응을 통해 완전히 굳게 만들 수 있다.

[0047] 자극가변 소재는 액정상을 띠는 반응성 액정단량체(reactive mesogen), 3D 프린팅에 용이한 점도를 부여하는 체인증량제(chain extender), 광중합반응에 이용되는 광재시제(photoinitiator) 및, 가교결합 반응에 이용되는 촉매제(catalyst)를 이용한 합성 반응에 의해 형성될 수 있다.

[0048] 구체적으로, 반응성 액정단량체는 1,4-Bis-[4-(3-acryloyloxyhexyloxy) benzoyloxy]-2-methylbenzene(RM 257)이고, 체인증량제는 2,2-(ethylenedioxy) diethanethiol(EDDET)와 pentaerythritol terakis(3-mercaptopropionate)(PETMP)일 수 있다.

[0049] 여기서, 체인증량제로는 기존에 주로 사용하던 amine spacer가 아닌 thiol spacer를 사용하여 상온 프린팅이 가능하면서 좀 더 길고 유연한 chain을 형성할 수 있다. 상기된 EDDET는 di-functional flexible spacer이며, PETMP는 tetra-functional crosslinking monomer이다.

[0050] 그리고, 광재시제는 2-Hydroxy-2-methylpropiophenone(HHMP)이고, 촉매제는 Dipropyl amine(DPA)일 수 있다.

[0051] 자극가변 소재의 형성 과정에서는 합성 비율이 매우 중요하며, 반응성 액정단량체에 비해 체인증량제인 thiol spacer 비율이 너무 낮으면 젤화(gelation) 되지 않아 점성이 물처럼 너무 낮아 프린팅에 적합하지 않을 수 있다. 반면에, 일정량 초과의 촉매제를 섞으면 재료 혼합과정에서 몇 분 채 되지 않고 재료가 굳어버릴 수 있다.

[0053] 전도성 소재는, 유기 폴리머와 전도성 금속 나노와이어를 혼합하여 형성될 수 있다. 여기서, 전도성 소재의 조성 비율에 있어서, 전도성 금속 나노와이어의 비율은 80 내지 90 wt%이고, 유기 폴리머의 비율은 10 내지 20 wt%일 수 있다.

[0054] 전도성 탄성중합체인 전도성 소재를 유연한 기계적 성질을 부여할 수 있는 유기 폴리머인 탄성고분자 용액과 전도성 마이크로/나노 입자의 비율 및 조합이 중요할 수 있다.

[0055] 유기 폴리머로는 실리콘 기반 유기 폴리머인 폴리디메틸실록산 (polydimethylsiloxane; PDMS)을 이용할 수 있고, 전도성 금속 나노와이어는 은 또는 금으로 형성될 수 있다.

[0056] 그리고, 상기와 같은 전도성 금속 나노와이어의 비율이 형성됨으로서, 유기 폴리머 내부에서 전도성 금속 나노와이어 입자들이 전기적으로 연결되기에 용이할 수 있다. 상기와 같은 유기 폴리머와 전도성 금속 나노와이어의 혼합물은 고점도 페이스트 분산 및 탈포에 용이한 고점도용 믹서를 사용하여 균일하게 혼합될 수 있다.

[0057] 3D 프린팅 가능한 재료는 shear rate가 증가함에 따라 viscosity가 감소하는 shear-thinning 특성을 가질 수 있다. 이러한 rheology 특성을 측정하기 위해서 rheometer를 사용하여 shear rate에 따른 자극가변 소재의 viscosity를 측정한 결과 shear-thinning 특성을 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0058] 본 발명의 전자소자를 포함하는 마이크로 그리퍼(micro gripper)를 형성시킬 수 있다. 상기와 같은 본 발명의 전자소자로 마이크로 그리퍼를 형성시키는 경우, 마이크로 단위의 길이를 구비하는 마이크로 물체를 본 발명의 전자소자와 접촉시킨 후, 온도 변화 자극을 본 발명의 전자소자에 제공하여, 본 발명의 전자소자의 일 부위가 마이크로 물체를 감싸도록 하여 파지가 수행되도록 함으로써 마이크로 그리퍼로 이용할 수 있다.

[0059] 그리고, 이와 같이, 파지된 마이크로 물체 또는 마이크로 물체 주위에 형성된 구성에 전도성부(200)를 통한 전기 인가 등을 수행할 수 있다. 이와 같이, 자극가변부(100)가 전도성부(200)에 대해 supporting layer이자 driving layer 역할을 하여 움직이게 하는 4D 프린팅 기술이 구현될 수 있다.

[0061] 이하, 본 발명의 전자소자의 제조방법에 대해 설명하기로 한다.

[0062] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 전자소자의 제조방법에 대한 이미지이다. 구체적으로, 도 2의 (a)는 전자소자의 3D 프린팅 구조에 대한 툴패스 설계 도면에 대한 이미지이고, 도 2의 (b)는 전도성부(200)가 프린팅되는 사항에 대한 것이고, 도 2의 (c)는 전도성부(200)의 표면에 자극가변부(100)가 프린팅되는 사항에 대한 이미지이다.

[0063] 도 2에서 보는 바와 같이, 먼저, 제1단계에서, 반응성 액전단량체, 체인증량제, 광재시제 및 촉매제를 이용하여 자극가변 소재를 합성할 수 있다. 그리고, 제2단계에서, 전도성 소재를 생성시킬 수 있다. 자극가변 소재의 합성 과정과 전도성 소재의 합성 과정은 상기되어 있다.

[0064] 다음으로, 제3단계에서, 전도성 소재를 이용하여 3D 프린팅을 수행함으로써 전도성부(200)를 형성시킬 수 있다. 그 후, 제4단계에서, 자극가변 소재를 이용하여 전도성부(200)의 표면에 3D 프린팅을 수행함으로써 자극가변부(100)를 형성시킬 수 있다.

[0065] 여기서, 다양한 형상의 본 발명의 전극소자의 형성을 위해, 제3단계와 제4단계는 반복적으로 수행될 수도 있다. 이와 같은 경우에는, 전도성 소재를 배출하는 노즐과 자극가변 소재를 배출하는 노즐이 교번적으로 이용되면서 적층 성형이 수행될 수 있다.

[0066] 제3단계에서, 기본적으로 내경이 210㎛인 27G 노즐을 사용하였고 토출압력은 700 kPa 수준으로 고정할 수 있다.

[0067] 도 2의 (b)에서 보는 바와 같이, 전도성 소재 용액의 고점도 및 shear-thinning 특성 때문에 재료 토출이 균일하게 잘 되며 형상 유지가 잘 되어 3D 프린팅에 적합함을 확인할 수 있다.

[0068] 제4단계에서, 프린팅 노즐은 내경 140 ㎛에 해당하는 30G 노즐 사용하여 프린팅 속도를 달리하며 프린팅 선폭을 조절함. 토출 압력은 약 500 kPa로 고정하고, 프린팅 속도를 100, 200, 300 그리고 500 ㎜/min으로 변경할 수 있다.

[0069] 프린팅 속도가 빨라짐에 따라 선폭은 줄어들고, 프린팅 속도가 500 ㎜/min일 때, 최소 50 ㎛의 선폭을 가짐. 이때, 선폭은 프린팅 속도, 토출 압력, 노즐의 내경을 달리하여 원하는 범위 내로 조절 가능하다.

[0070] 제4단계에서는, 도 2에서 보는 바와 같이, 전도성부(200)의 프린팅 두께 정보를 파악한 후 전도성부(200)의 표면 상에 자극가변부(100)를 다양한 패턴으로 프린팅할 수 있다.

[0071] 본 발명의 전자소자의 제조방법에 대한 나머지 상세한 사항은, 상기된 본 발명의 전자소자에 대한 설명과 동일하다.

[0073] 도 3과 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 액정 분자 정렬도 확인에 대한 이미지이다. 구체적으로, 도 3의 (a)는, 생성된 확인용 구조체(300)에 대한 것이다. 그리고, 액정 분자 정렬도를 확인하기 위해 Backlight 위에 놓인 교차된 편광판(cross polarizer) 사이에 하나의 확인용 구조체(300)를 배치시킨 경우에 대해서, 도 3의 (b) 내지 (d) 각각은 선평관판과 자극가변 소재의 분자(액정 분자)의 정렬 방향이 0도(degree), 45도(degree), 90(degree)인 경우에 대한 이미지이다.

[0074] 액정 분자 정렬도를 확인하기 위해 Backlight 위에 놓인 교차된 편광판(cross polarizer) 사이에 다른 확인용 구조체(300)를 배치시킨 경우에 대해서, 도 4의 (a) 내지 (c) 각각은 선평관판과 자극가변 소재의 분자(액정 분자)의 정렬 방향이 0도(degree), 45도(degree), 90(degree)인 경우에 대한 이미지이다.

[0075] 여기서, 하나의 확인용 구조체(300)는 액정 분자 정렬도가 우수한 확인용 구조체(300)를 나타내고, 다른 확인용 구조체(300)는 액정 분자 정렬도가 낮은 확인용 구조체(300)를 나타낼 수 있다.

[0076] 상기와 같은 액정 분자 정렬도의 확인을 위하여, 본 발명의 전자소자의 제조방법은, 제3단계와 제4단계 사이, 기판 상 자극가변 소재를 3D 프린팅하여 확인용 구조체(300)를 형성시키고 확인용 구조체(300)를 이용하여 액정 분자 정렬도를 검사하는 검사 단계를 더 포함할 수 있다.

[0077] 여기서, 액정 분자 정렬도는 자극가변 소재를 프린팅한 경우 자극가변 소재의 분자인 액정 분자의 정렬 비율을 의미할 수 있다.

[0078] 도 3의 (b) 내지 (d)에서 보는 바와 같이, 액정 분자 정렬도를 확인하기 위해 backlight 위에 놓인 교차된 편광

판 (cross polarizer) 사이에 액정 탄성중합체인 확인용 구조체(300)를 배치시킬 수 있다. 그리고, 선편광판 과 0° 및 90° 일 때는 어두운 빛이 나오는 반면, 45° 로 배치할 경우 액정 분자의 광학적 이방성(anisotropy) 특성으로 인해 빛이 보이는 것을 확인할 수 있다.

[0079] 반면, 도 4에서 보는 바와 같이, 액정 탄성중합체 용액인 자극가변 소재 용액이 묽거나 광경화 과정이 지체되어 액정 분자 정렬도가 깨진 경우에는, 45° 로 배치해도 빛이 보이지 않을 수 있다. 또한, 분자들이 랜덤하게 형성되어 있어 빛의 산란이 많이 발생하여 프린팅 형상이 기본적으로 뿌옇게 보일 수 있다.

[0081] 도 5와 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전자소자의 변형에 대한 이미지이다. 구체적으로, 도 5의 (a)와 (b) 각각은, 도 1에서의 제1전자소자(11), 제2전자소자(12), 제3전자소자(13) 및 자극가변부(100)가 형성되지 않은 전도성부(200) 자체인 비교전자소자(14)에 대해 상부와 측부에서 촬상한 이미지이다.

[0082] 그리고, 도 6의 (a)와 (b)는 변형된 제1전자소자(11)와 비교전자소자(14)에 대한 이미지이고, 도 6의 (c)와 (d)는 제2전자소자(12)와 비교전자소자(14)에 대한 이미지이며, 도 6의 (e)와 (f)는 제3전자소자(13)와 비교전자소자(14)에 대한 이미지이다.

[0083] 상기와 같은 본 발명의 전자소자의 제조방법을 이용하여 전도성부(200)와 자극가변부(100)를 형성시킬 수 있으며, 이 때, 전도성부(200)의 상부 표면 전체 면적은 sub-cm 급 미세 소자의 변형 기술 확보를 위해 10 ㎜ X6 ㎜로 할 수 있다.

[0084] 도 5와 도 6에서 보는 바와 같이, 소정의 온도 이상에서 자극가변부(100)의 형상 변형에 의하여 전도성부(200)의 형상도 변화하면서 본 발명의 전자소자의 형상이 변화됨을 확인할 수 있다.

[0085] 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전자소자의 시간에 따른 변형을 나타낸 이미지이다. 구체적으로, 도 7의 (a) 내지 (d)에서 보는 바와 같이, 형상 변형을 위한 전이온도에서 시간에 따라(0, 2, 6, 12초(s)) 제1전자소자(11)에서 형상 변형이 구현됨을 확인할 수 있다.

[0087] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시 예들은 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.

[0088] 본 발명의 범위는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0090] 11 : 제1전자소자

12 : 제2전자소자

13 : 제3전자소자

14 : 비교전자소자

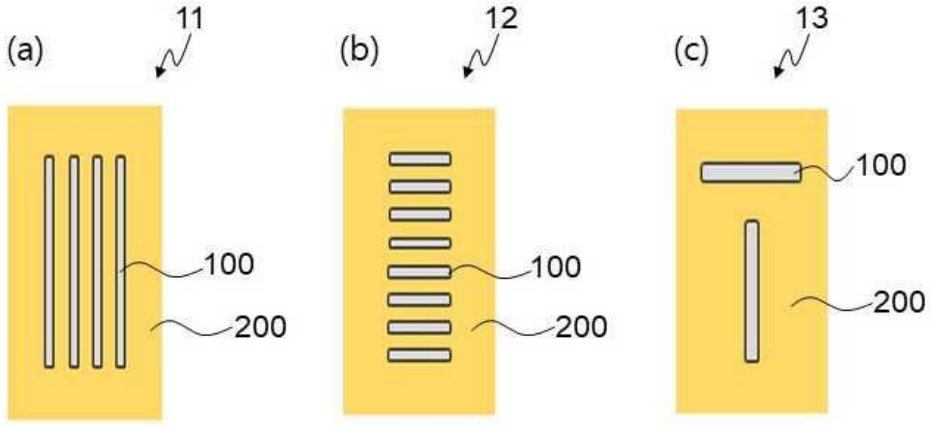
100 : 자극가변부

200 : 전도성부

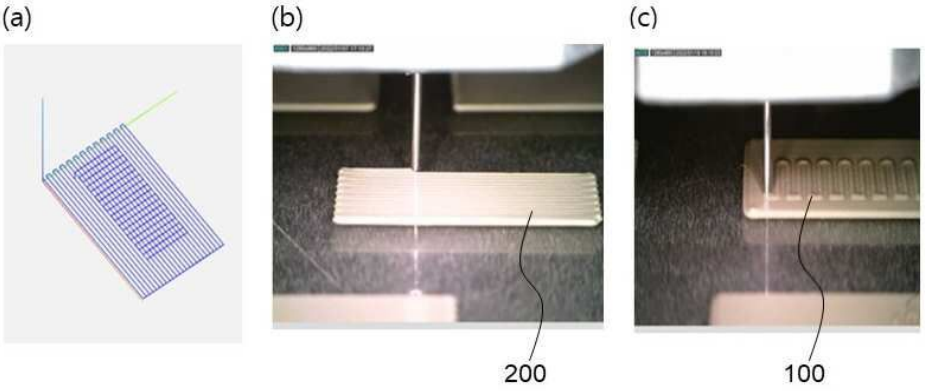
300 : 확인용 구조체

도면

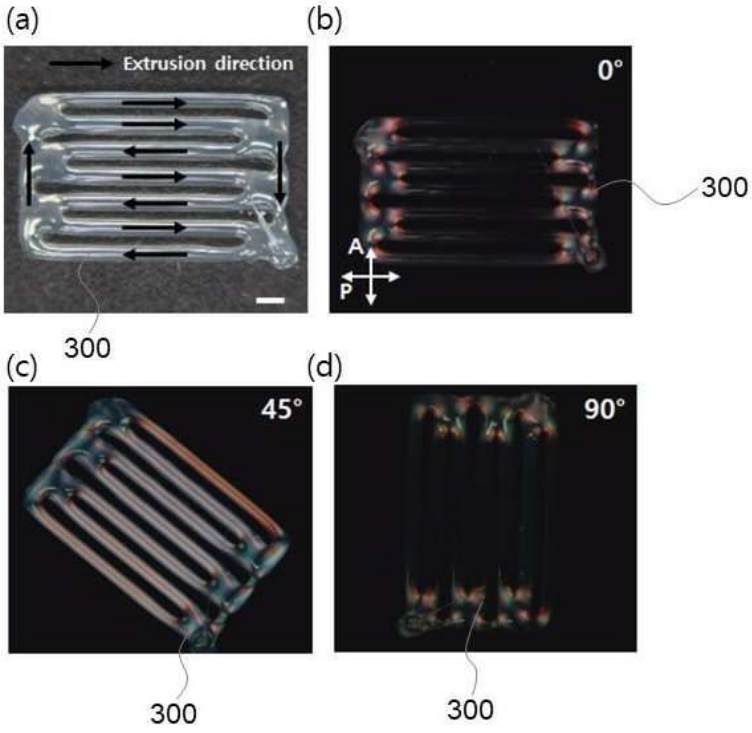
도면1



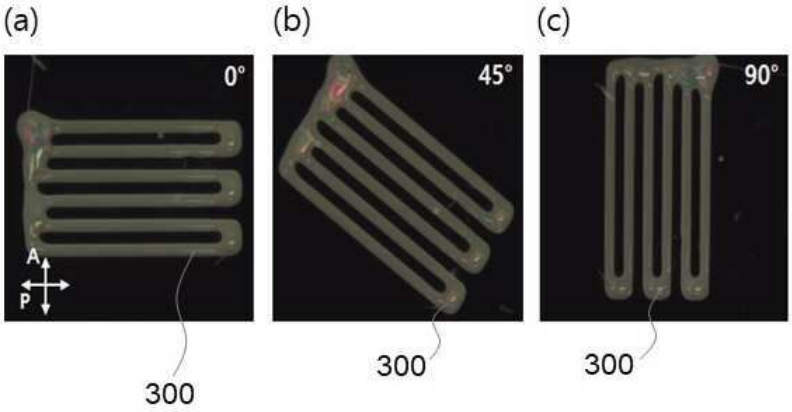
도면2



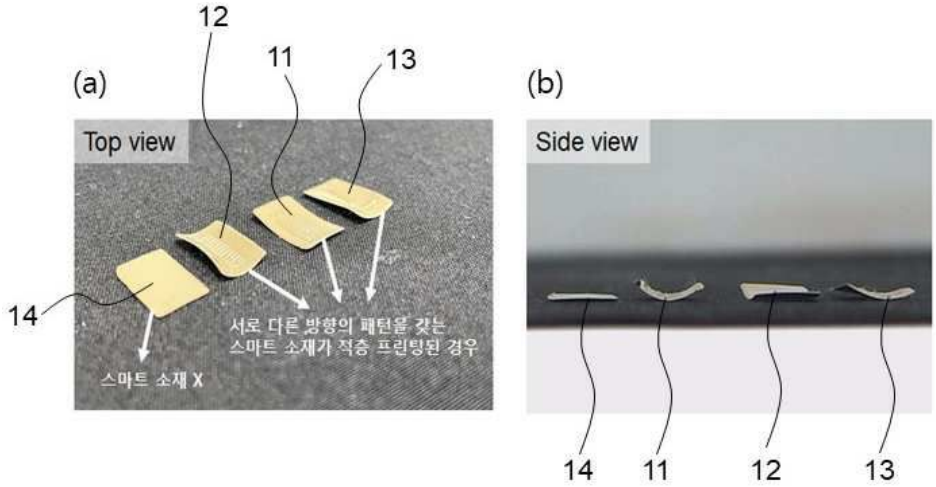
도면3


(a)
Extrusion direction
300
(b)
0°
A
P
300
(c)
45°
300
(d)
90°
300

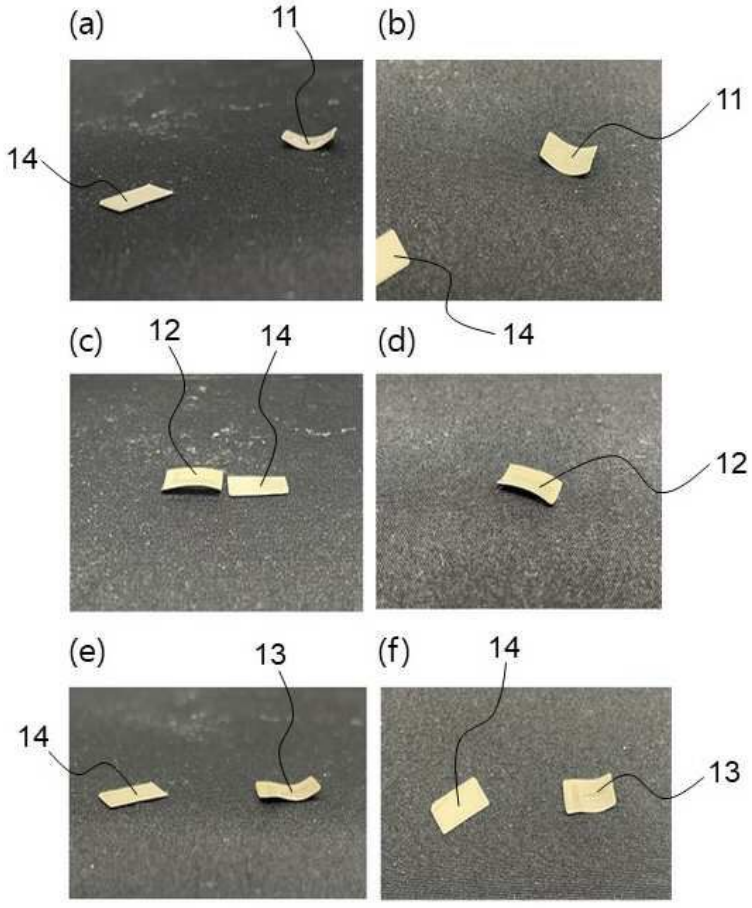
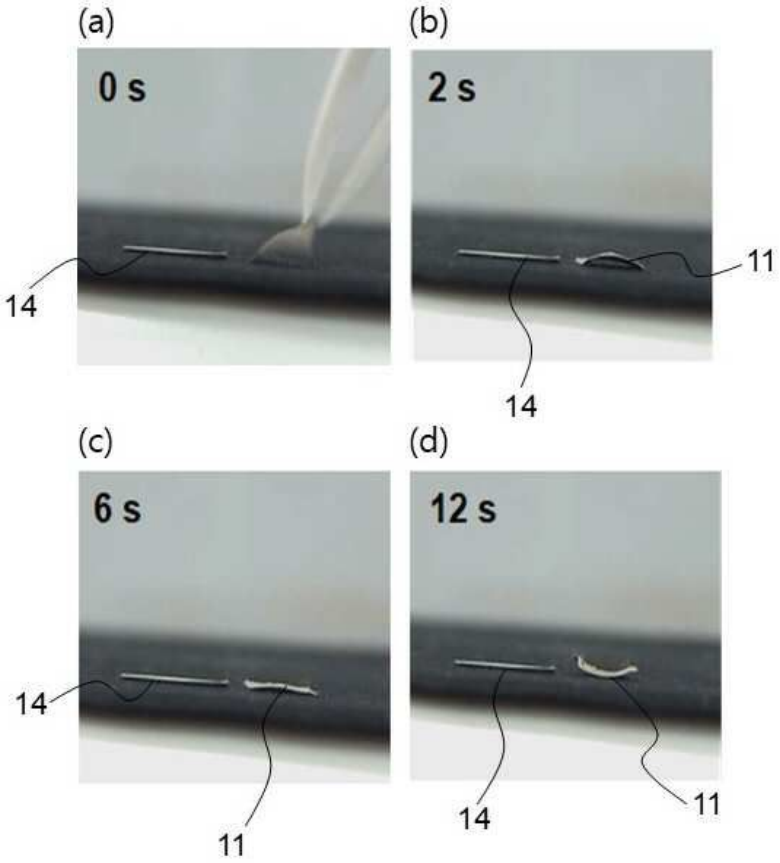
도면4


(a)
0°
A
P
300
(b)
45°
300
(c)
90°
300

도면5


12
11
13
(a)
Top view
14
서로 다른 방향의 패턴을 갖는
스마트 소재가 적층 프린팅된 경우
스마트 소재 X
(b)
Side view
14
11
12
13

도면6


(a)
11
14
(b)
11
14
(c)
12
14
(d)
12
(e)
13
14
(f)
14
13

도면7