



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년07월04일
(11) 등록번호 10-2829659
(24) 등록일자 2025년07월01일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C09D 11/52 (2014.01) C09D 11/037 (2014.01)
- (52) CPC특허분류
C09D 11/52 (2013.01)
C09D 11/037 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7006695
- (22) 출원일자(국제) 2022년07월30일
심사청구일자 2022년02월25일
- (85) 번역문제출일자 2022년02월25일
- (65) 공개번호 10-2022-0043172
- (43) 공개일자 2022년04월05일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2020/044225
- (87) 국제공개번호 WO 2021/022024
국제공개일자 2021년02월04일
- (30) 우선권주장
62/881,646 2019년08월01일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
CN110016723 A*
JP2018200975 A
US20170238425 A1
US20170009090 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
유니버시티 오브 매사추세츠
미국 01581 매사추세츠 웨스트보로 워싱턴 스트리트 50
레이던 컴퍼니
미국 버지니아 22209 알링턴 윌슨 블러바드 1100
- (72) 발명자
라나싱하, 오샤다 케이.
미국 뉴햄프셔 03079 살렘 노스 브로드웨이 아파트 202 334
루체, 앤드류 엠.
미국 매사추세츠 01752 말보로 하이게이트 로드 76
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 49 항

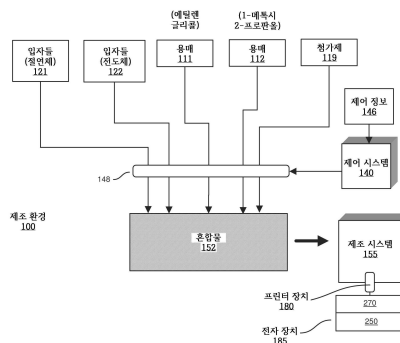
심사관 : 권오은

(54) 발명의 명칭 인쇄 가능한 혼합물, 제조, 및 용도

(57) 요약

본 개시는 혼합물의 제조 및 상이한 유형의 전자 부품을 제조하기 위한 혼합물의 사용을 기술한다. 하나의 구성에서, 혼합물은, 절연체 재료인 제1 입자; 전기 전도성 금속 재료인 제2 입자; 및 인쇄 가능한 액체 매질에 현탁된 제1 입자 및 제2 입자의 조합을 포함하고, 인쇄 가능한 액체/고체 매체(슬러리)는 재료의 유전체층으로 경화될 수 있다. 하나의 구성에 따르면, 인쇄 가능한 재료는 기판 상에 배치되고 경화된다. 경화된 인쇄된 재료(유전체 재료)에는 제1 입자와 제2 입자가 랜덤하게 분포된다. 경화된 유전체 재료의 제2 입자는 임계값 초과 열을 가함으로써 하나 이상의 전기 전도성 경로, 전자 부품 등으로 변형 가능하다. 따라서, 유전체(절연체) 재료는 열을 가하여 전기 전도성 경로로 변형될 수 있다.

대표도



(72) 발명자

스트랙, 귀네비어 엠.

미국 매사추세츠 03051 허드슨 포레스트 로드 8

학자데, 마디

미국 매사추세츠 01854 로웰 유닛 22 포터킷 블러
바드 309

하디, 카메론

미국 매사추세츠 01854 로웰 아파트 #2 살렘 스트
리트 217

킹슬리, 에드워드

미국 매사추세츠 01775 스토크 캐리지 레인 21

알미엔토, 크레이그 에이.

미국 매사추세츠 01720 액톤 캡틴 브라운스 레인 9

아칼트루, 알킴

미국 매사추세츠 02476 알링턴 오토나 스트리트 2

명세서

청구범위

청구항 1

잉크 조성물로서, 상기 잉크 조성물은,

절연체 재료인 제1 입자;

전기 전도성 재료인 제2 입자; 및

인쇄 가능한 액체 재료에 분포 및 현탁된 상기 제1 입자 및 제2 입자의 조합으로서, 상기 인쇄 가능한 액체 재료의 경화된 상태는 유전체 재료이고, 상기 유전체 재료의 일부 내에 함유되는 제2 입자는 임계값 초과의 열을 상기 유전체 재료의 일부에 가함으로써 전기 전도성 경로로 변환 가능한 것인, 조합;을 포함하고,

상기 제2 입자는 은(Ag) 나노 입자이고,

상기 제1 입자는 바륨 스트론튬 티타네이트(BST) 나노 입자이고,

상기 조성물은 적어도 하나의 용매를 더 포함하고,

상기 인쇄 가능한 액체 재료 내에서 은 입자 대 제1 입자의 비율은 중량 기준으로 67 % (+/- 20%)의 은 대 33% (+/- 20%)의 제1 입자인 것인, 잉크 조성물.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제2 입자의 용점이 제1 입자의 용점보다 낮은 것인, 잉크 조성물.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 입자 대 제2 입자의 비율은, 제2 입자들의 그룹에 임계값 초과를 열을 가하기 전에 경화된 인쇄 가능한 재료에서 제2 입자들의 그룹이 서로 분리되도록 선택되는 것인, 잉크 조성물.

청구항 7

제6항에 있어서,

임계값 초과를 열에 유전체 재료를 노출시키는 것은 그룹 내의 제2 입자들 사이의 접촉을 야기하고, 열은 경화된 인쇄 가능한 재료의 일부를 전기 전도성 경로로 전환시키는 것인, 잉크 조성물.

청구항 8

삭제

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 용매는,

1-메톡시-2-프로판올; 및

에틸렌 글리콜;을 포함하고, 상기 조성물은 40 중량% 초과인 에틸렌 글리콜로 구성되는 것인, 잉크 조성물.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 제1 입자는 중량 기준으로 조성물의 21%를 구성하고;

상기 제2 입자는 중량 기준으로 조성물의 12.5%를 구성하고;

상기 적어도 하나의 용매는 중량 기준으로 조성물의 66.5%를 구성하는 것인, 잉크 조성물.

청구항 11

방법으로서, 상기 방법은,

절연체 재료인 제1 입자를 수용하는 단계;

전기 전도성 금속 재료인 제2 입자를 수용하는 단계; 및

상기 제1 입자와 제2 입자의 조합을 인쇄 가능한 재료 중에 현탁시키는 단계로서, 상기 인쇄 가능한 재료의 경화된 상태는 유전체 재료이고, 상기 유전체 재료의 일부 내에 함유되는 제2 입자는 임계값 초과인 열을 상기 유전체 재료의 일부에 가함으로써 전기 전도성 재료로 변형 가능한 것인, 단계를 포함하고,

상기 제2 입자는 은(Ag) 나노 입자이고,

상기 제1 입자는 바륨 스트론튬 티타네이트(BST) 나노 입자이고,

상기 인쇄 가능한 재료는 적어도 하나의 용매를 더 포함하고,

은 입자 대 제1 입자의 비율은 중량 기준으로 67 % (+/- 20%)의 은 대 33% (+/- 20%)의 제1 입자인 것인, 방법.

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

제11항에 있어서,
상기 제2 입자의 용점은 상기 제1 입자의 용점보다 낮은 것인, 방법.

청구항 16

제11항에 있어서,
상기 방법은,

제2 입자들의 그룹에 임계값 초과인 열을 가하기 전에 인쇄 가능한 재료의 층에서 제2 입자들의 그룹이 서로 분리되도록, 인쇄 가능한 재료 내 제1 입자 대 제2 입자의 혼합 비율을 제어하는 단계;를 더 포함하는 것인, 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

임계값 초과인 열에 인쇄 가능한 재료를 노출시키는 것은 그룹 내의 제2 입자들 사이의 접촉을 야기하고, 열은 유전체 재료를 전기 전도성 경로로 전환시키는 것인, 방법.

청구항 18

삭제

청구항 19

제11항에 있어서,

상기 적어도 하나의 용매는

1-메톡시-2-프로판올; 및

에틸렌 글리콜;을 포함하고, 상기 인쇄 가능한 재료는 40중량% 초과인 에틸렌 글리콜로 구성되는 것인, 방법.

청구항 20

제11항에 있어서,

상기 제1 입자는 중량 기준으로 조성물의 사실상 21%(+/- 20%)를 구성하고,

상기 제2 입자는 중량 기준으로 조성물의 12.5%(+/- 20%)를 구성하고;

용매들의 혼합물은 중량 기준으로 조성물의 66.5%(+/- 20%)를 구성하는 것인, 방법.

청구항 21

장치로서,

기관; 및

상기 기관 상에 배치된 인쇄된 재료로서, 상기 인쇄된 재료는 제1 입자 및 제2 입자를 포함하고, 상기 제1 입자는 절연체 재료이고, 상기 제2 입자는 전기 전도성 금속 재료인 것인, 인쇄된 재료;를 포함하고,

상기 제1 입자 및 제2 입자는 인쇄된 재료 내에 무작위로 분포되고, 상기 인쇄된 재료의 경화된 상태는 유전체 재료이고, 상기 유전체 재료의 일부 내에 함유되는 제2 입자는 은 나노 입자의 소결로 인해 임계값 초과인 열을

상기 유전체 재료의 일부에 가함으로써 전기 전도성 경로로 추가로 변형 가능한 것이고,
 상기 제2 입자는 은(Ag) 나노 입자이고,
 상기 제1 입자는 바륨 스트론튬 티타네이트(BST) 나노 입자이고,
 상기 인쇄된 재료는 적어도 하나의 용매를 더 포함하고,
 은 입자 대 제1 입자의 비율은 중량 기준으로 67 % (+/- 20%)의 은 대 33% (+/- 20%)의 제1 입자인 것인,
 장치.

청구항 22

제21항에 있어서,
 상기 인쇄된 재료는 제1 부분 및 제2 부분을 포함하고, 상기 인쇄된 재료의 제1 부분은 열을 가함으로써 소결된 제2 입자를 포함하고, 상기 인쇄된 재료의 제2 부분은 열을 가함으로써 소결되지 않은 제2 입자를 포함하는 것인, 장치.

청구항 23

제21항에 있어서,
 상기 인쇄된 재료의 제1 부분은 제2 부분보다 낮은 저항률(resistivity)을 갖는 것인, 장치.

청구항 24

삭제

청구항 25

제21항에 있어서,
 상기 인쇄된 재료의 제2 입자는 열을 가하기 전에 제1 입자에 의해 서로 분리되는 것인, 장치.

청구항 26

제25항에 있어서,
 제2 입자들의 그룹에 임계값 초과 열을 가하는 것은 은 나노 입자의 소결로 인해 제2 입자들의 그룹 사이에서 물리적 접촉을 야기하는 것인, 장치.

청구항 27

제21항에 있어서,
 상기 제2 입자의 용점은 상기 제1 입자의 용점보다 낮은 것인, 장치.

청구항 28

삭제

청구항 29

제21항에 있어서,
 상기 적어도 하나의 용매는,
 1-메톡시-2-프로판올; 및
 에틸렌 글리콜;을 포함하고, 상기 인쇄된 재료는 40 중량% 초과인 에틸렌 글리콜로 구성되는 것인, 장치.

청구항 30

삭제

청구항 31

방법으로서, 상기 방법은,
 인쇄 가능한 재료를 기판에 적용하는 단계로서, 상기 인쇄 가능한 재료는 인쇄 가능한 재료 중에 현탁된 제1 입자 및 제2 입자를 포함하고, 상기 제1 입자는 절연체 재료이고, 상기 제2 입자는 전기 전도성 금속 재료인 것인, 단계; 및
 상기 기판 상의 인쇄 가능한 재료를 경화하는 단계로서, 상기 인쇄 가능한 재료의 경화된 상태는 유전체 재료이고, 상기 유전체 재료의 일부 내에 함유되는 제2 입자는 임계값 초과인 열을 상기 유전체 재료의 일부에 가함으로써 전기 전도성 경로로 변형 가능한 것인, 단계;를 포함하고,
 상기 제2 입자는 은(Ag) 나노 입자이고,
 상기 제1 입자는 바륨 스트론튬 티타네이트(BST) 나노 입자이고,
 상기 인쇄 가능한 재료는 적어도 하나의 용매를 더 포함하고,
 은 입자 대 제1 입자의 비율은 중량 기준으로 67 % (+/- 20%)의 은 대 33% (+/- 20%)의 제1 입자인 것인, 방법.

청구항 32

제31항에 있어서,
 경화된 인쇄 가능한 재료의 제2 입자들의 그룹은 제2 입자들의 그룹에 임계값 초과인 열을 가하기 전에 서로로부터 분리되는 것인, 방법.

청구항 33

제31항에 있어서,
 상기 방법은,
 기판 상의 재료의 유전체층 내에 배치된 제2 입자들의 그룹에 열을 가하는 단계로서, 상기 그룹에 열을 가하는 것은 제2 입자들의 그룹이 유전체 재료의 층을 통해 기판 상에 전기 전도성 경로를 형성하게 하는 것인, 단계;를 더 포함하는 것인, 방법.

청구항 34

제31항에 있어서,
 열을 가하는 단계는 제2 입자를 소결하는 것을 포함하는 것인, 방법.

청구항 35

제31항에 있어서,
상기 제2 입자의 용점은 상기 제1 입자의 용점보다 낮은 것인, 방법.

청구항 36

제31항에 있어서,
임계값 초과에 열에 재료의 유전체층을 노출시키는 것은 그룹 내의 제2 입자들 사이에서 물리적 접촉을 야기하는 것인, 방법.

청구항 37

삭제

청구항 38

제31항에 있어서,
경화된 인쇄 가능한 재료는 제1 입자 및 제2 입자가 현탁된 재료의 유전체층인 것인, 방법.

청구항 39

삭제

청구항 40

제31항에 있어서,
상기 적어도 하나의 용매는,
1-메톡시-2-프로판올; 및
에틸렌 글리콜;을 포함하고, 인쇄된 재료는 40 중량% 초과에 에틸렌 글리콜로 구성되는 것인, 방법.

청구항 41

제31항에 있어서,
상기 제1 입자는 중량 기준으로 인쇄된 재료의 21%를 구성하고;
상기 제2 입자는 중량 기준으로 인쇄된 재료의 12.5%를 구성하고;
용매들의 혼합물은 중량 기준으로 인쇄된 재료의 66.5%를 구성하는 것인, 방법.

청구항 42

방법으로서, 상기 방법은,
기관, 상기 기관의 표면 상에 배치된 유전체 재료의 제1 층을 수용하는 단계로서, 상기 유전체 재료의 제1 층은 유전체 재료의 제1 층에 현탁된 제1 입자 및 제2 입자를 포함하고, 상기 제1 입자는 절연체 재료이고, 상기 제2 입자는 전기 전도성 금속 재료인 것인, 단계; 및
유전체 재료의 제1 층의 일부의 영역에 열을 가하는 단계로, 열을 가하는 것은 상기 일부의 영역 내 제2 입자들

전기 전도성 경로로 전환시키는 것인, 단계;를 포함하고,
 상기 제2 입자는 은(Ag) 나노 입자이고,
 상기 제1 입자는 바륨 스트론튬 티타네이트(BST) 나노 입자이고,
 은 입자 대 제1 입자의 비율은 중량 기준으로 67 % (+/- 20%)의 은 대 33% (+/- 20%)의 제1 입자인 것인, 방법.

청구항 43

제42항에 있어서,
 임계값을 초과하는 열을 가하는 것은 상기 영역 내 제2 입자를 소결하는 것인, 방법.

청구항 44

제42항에 있어서,
 임계값을 초과하는 열을 가하는 것은 상기 영역 내에서 한 세트의 제2 입자들을 서로 접촉시켜, 전기 전도성 경로를 생성하게 하는 것인, 방법.

청구항 45

제42항에 있어서,
 상기 유전체 재료의 제1 층은 상기 영역 내 한 세트의 제2 입자들을 포함하고, 상기 세트의 제2 입자들은 열을 가하기 전에 비연속적이며;
 임계값 초과하는 열을 가하는 것은 상기 영역 내에서 서로 전기적으로 접촉되는 일련의(a sequence of) 제2 입자들을 야기하고, 상기 영역 내의 일련의 제2 입자들의 접촉은 전기 전도성 경로인 것인, 방법.

청구항 46

제42항에 있어서,
 상기 영역 내의 제2 입자들의 그룹은 열을 가하기 전에 제1 입자 크기를 갖고,
 상기 영역 내의 제2 입자들의 그룹은 열을 가한 후에 제2 입자 크기를 갖고, 상기 제2 입자 크기는 제1 입자 크기보다 더 큰 것인, 방법.

청구항 47

제42항에 있어서,
 상기 유전체 재료의 제1 층의 영역에 열을 가하는 단계는 상기 영역으로 레이저 빔을 조종하는 것을 포함하는 것인, 방법.

청구항 48

제42항에 있어서,
 상기 유전체 재료의 제1 층의 영역에 열을 가하는 단계는,

전기 전도성 경로의 목적하는 저항에 따라 상기 영역에 가해지는 열의 크기를 제어하는 것을 포함하는 것인, 방법.

청구항 49

삭제

청구항 50

제42항에 있어서,

상기 방법은,

유전체 재료의 제1 층 위에 유전체 재료의 제2 층을 적용하는 단계로서, 상기 유전체 재료의 제2 층은 유전체 재료의 제2 층에 현탁된 제1 입자 및 제2 입자를 포함하고, 상기 유전체 재료의 제2 층의 제1 입자는 절연체 재료이고, 상기 유전체 재료의 제2 층의 제2 입자는 전기 전도성 재료인, 단계;를 더 포함하는 것인, 방법.

청구항 51

제50항에 있어서,

상기 방법은,

유전체 재료의 제2 층에 열을 가하는 단계로서, 상기 유전체 재료의 제2 층에 열을 가하는 것은 유전체 재료의 제2 층 내 유전체 재료의 일부를, 절연체 재료에서 전기 전도성 경로로 변형시키는 것인, 단계를 더 포함하는 것인, 방법.

청구항 52

제42항에 있어서,

상기 유전체 재료의 층의 영역에 열을 가하는 단계는 전자 부품을 생성하는 것인, 방법.

청구항 53

장치로서,

경화된 상태의 유전체 재료의 제1 층으로서, 상기 유전체 재료의 제1 층은 상기 유전체 재료의 제1 층 중에 현탁된 제1 입자 및 제2 입자를 포함하고, 상기 제1 입자는 절연체 재료이고, 상기 제2 입자는 전기 전도성 금속 물질인 것인, 유전체 재료의 제1 층; 및

유전체 재료의 제1 층의 일부의 영역으로서, 상기 유전체 재료의 일부의 영역 내에 함유되는 제2 입자는 상기 유전체 재료의 일부의 영역으로 열을 가함으로써 유전체 재료로부터 전기 전도성 경로로 변형된 것인, 유전체 재료의 제1 층의 일부의 영역;을 포함하고,

상기 제2 입자는 은(Ag) 나노 입자이고,

상기 제1 입자는 바륨 스트론튬 티타네이트(BST) 나노 입자이고,

은 입자 대 제1 입자의 비율은 중량 기준으로 67 % (+/- 20%)의 은 대 33% (+/- 20%)의 제1 입자인 것인, 장치.

청구항 54

제53항에 있어서,
상기 유전체 재료의 제1 층의 영역은 소결된 제2 입자를 포함하는 것인, 장치.

청구항 55

제53항에 있어서,
상기 영역 내에서 한 세트의 제2 입자들은 서로 접촉하여, 전기 전도성 경로를 생성하는 것인, 장치.

청구항 56

제53항에 있어서,
상기 유전체 재료의 층은 상기 영역 내에 한 세트의 제2 입자들을 포함하고, 상기 세트의 제2 입자들은 열을 가하기 전에 불연속적이며;
임계값 초과를 열을 가하는 것은 상기 영역 내에서 서로 전기적으로 접촉되는 일련의 제2 입자들을 야기하고, 상기 영역 내의 일련의 상기 제2 입자들의 접촉은 전기 전도성 경로인 것인, 장치.

청구항 57

제53항에 있어서,
상기 영역 내의 제2 입자들의 그룹은 열의 가하기 전에 제1 입자 크기를 갖고;
상기 영역 내의 제2 입자들의 그룹은 열을 가한 후에 제2 입자 크기를 갖고, 제2 입자 크기는 제1 입자 크기보다 더 큰 것인, 장치.

청구항 58

제53항에 있어서,
상기 유전체 재료의 제1 층의 영역은 영역에 인가된 레이저 빔을 통해 소결되는 것인, 장치.

청구항 59

제53항에 있어서,
상기 영역은 유전체 재료의 제1 층의 제1 표면과 유전체 재료의 제1 층의 제2 표면 사이에서 연장되는 비아인 것인, 장치.

청구항 60

제53항에 있어서,
상기 장치는 유전체 재료의 제1 층 위에 배치된 유전체 재료의 제2 층을 더 포함하고, 유전체 재료의 제2 층은 유전체 재료의 제2 층에 현탁된 제1 입자 및 제2 입자를 포함하고, 유전체 재료의 제2 층의 제1 입자는 절연체 재료이고, 유전체 재료의 제2 층의 제2 입자는 전기 전도성 재료인 것인, 장치.

청구항 61

제60항에 있어서,

상기 유전체 재료의 제2 층에 열을 가하는 것은 유전체 재료의 제2 층에서 유전체 재료의 일부를, 절연체 재료에서 전기 전도성 경로로 변형시키는 것인, 장치.

청구항 62

제53항에 있어서,

상기 유전체 재료의 제1 층의 영역에 열을 가하는 것은 전자 부품을 생성하는 것인, 장치.

청구항 63

명령어가 저장된 컴퓨터 판독 가능한 저장 하드웨어로서, 상기 명령어는 컴퓨터 프로세서 하드웨어에 의해 수행될 때,

컴퓨터 프로세서 하드웨어가, 기관, 상기 기관의 표면 상에 배치된 경화된 상태의 유전체 재료의 제1 층을 수용하도록 하는데, 상기 유전체 재료의 제1 층은 유전체 재료의 제1 층에 현탁된 제1 입자 및 제2 입자를 포함하고, 상기 제1 입자는 절연체 재료이고, 상기 제2 입자 전기 전도성 금속 재료이고;

컴퓨터 프로세서 하드웨어가, 유전체 재료의 제1 층의 일부의 영역에 열을 가하도록 하는데, 열을 가하는 것은 유전체 재료 내 일부의 영역 내 제2 입자를 전기 전도성 경로로 변형시키는 것이고,

상기 제2 입자는 은(Ag) 나노 입자이고,

상기 제1 입자는 바륨 스트론튬 티타네이트(BST) 나노 입자이고,

은 입자 대 제1 입자의 비율은 중량 기준으로 67 % (+/- 20%)의 은 대 33% (+/- 20%)의 제1 입자인 것인, 컴퓨터 판독 가능한 저장 하드웨어.

청구항 64

삭제

발명의 설명

기술 분야

- [0001] (관련 출원)
- [0002] 본 출원은 2019년 8월 1일에 출원된 "인쇄 가능한 유전체 혼합물, 용도 및 제조(PRINTABLE DIELECTRIC MIXTURE, USE, AND MANUFACTURE)"라는 명칭으로 이전에 제출된 미국 가특허 출원 일련 번호 62/881,646에 대한 우선권을 주장하며, 이의 전체 교시 내용은 참조에 의해 본 명세서에 통합된다.
- [0003] 본 출원은 2018년 11월 8일에 출원된 "인쇄 가능한 유전체 혼합물, 용도, 및 제조"라는 명칭으로 이전에 제출된 미국 특허 출원 일련 번호 16/184,796에 관한 것이며, 이의 전체 교시 내용은 이 참조에 의해 본 명세서에 포함된다.
- [0004] 상기 통합된 특허 출원의 모든 자료 또는 일부는 통합된 자료와 본 개시 자료 간에 충돌이 발생하지 않는 범위까지만 통합된다. 상충되는 경우, 상충은 바람직한 개시 내용으로서 본 개시 내용에 유리하게 해결되어야 한다.

배경 기술

- [0005] 기존 전자 장치는 미국 특허 공개 2017/0009090에 기술된 인쇄 기술을 사용하여 기관 상에 인쇄될 수 있다. 예를 들면, 이 인용된 특허 간행물은 폴리머 복합체에 바륨 스트론튬 티타네이트(BST)를 포함하는 강유전성 잉크가 기술되어 있다. 이 기존 잉크는 직접 잉크 쓰기 기술을 사용하여 기관 상에 높은 유전 상수, 낮은 손실 및

정전기적으로 조정 가능한 유전체를 인쇄하는데 사용할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

- [0006] 종래의 잉크와 대조적으로, 본 명세서의 실시예는 상이한 유형의 전자 장치의 제조를 용이하게 하는 신규한 인쇄 가능한 제형/혼합물을 포함한다.
- [0007] 제1 양태
- [0008] 보다 구체적으로, 하나의 예시적인 양태에서, 화합물은 절연체 재료(비-전기 전도성 재료)인 제1 입자; 전기 전도성 재료인 제2 입자; 및 인쇄 가능한 재료의 경화된 상태가 임계값 초과를 열을 가함으로써 전기 전도성 경로로 변형 가능한 인쇄 가능한 재료에 분포 및 현탁된 상기 제1 입자 및 제2 입자의 조합;을 포함한다.
- [0009] 추가 양태에 따르면, 제2 입자는 은(Ag)으로 제조된다. 또 다른 양태에서, 은 입자 대 제2 입자의 비율은 중량 기준으로 약 62.5 내지 37.5이다. 추가적으로 또는 대안적으로, 제2 입자는 소위 BST(바륨 스트론튬 티타네이트) 입자이다.
- [0010] 또 다른 양태에서, 제2 입자의 용점은 제1 입자의 용점보다 낮다.
- [0011] 제1 입자 대 제2 입자의 비율은 양태에 따라 달라질 수 있다. 하나의 양태에서, 제1 입자 대 제2 입자의 비율은, 임계값 초과를 제2 입자의 그룹에 열을 가하기 전에, 경화된 인쇄 가능한 재료 내의 제2 입자의 그룹이 서로 사실상 분리되도록(연속적인 전도성 경로를 형성하기 위해 어느 쪽도 접촉하지 않는 것과 같이) 선택된다. 경화된 인쇄 가능한 재료의 영역을 임계값 이상으로 가열하는 것은 은 나노 입자의 소결로 인해 제2 입자가 서로 접촉하여, 전도성 경로를 형성시킨다.
- [0012] 본 명세서의 추가 양태는 유전체 재료(경화된 인쇄 가능한 재료)를 열에 노출시키는 단계를 포함한다. 하나의 양태에서, 임계값 초과를 열에 재료의 유전체층을 노출시키는 것은 은 나노 입자와 같은 제2 입자의 소결(넥킹(necking))을 초래함)로 인해 그룹 내의 제2 입자 사이의 접촉이 야기되고, 열이 경화된 인쇄 가능한 재료의 일부를 전기 전도성 경로로 전환시킨다.
- [0013] 추가 양태에 따르면, 제2 입자는 은 나노 입자이고; 제1 입자는 BST 나노 입자이다. 화합물은 1-메톡시-2-프로판올 및/또는 에틸렌 글리콜과 같은 하나 이상의 용매를 포함한다. 하나의 양태에서, 화합물은 40 중량% 초과를 에틸렌 글리콜로 구성된다.
- [0014] 또 다른 양태에서, 제1 입자는 중량 기준으로 화합물의 약 12.5%를 구성하고; 제2 입자는 중량 기준으로 화합물의 약 21%를 구성하고; 하나 이상의 용매의 혼합물은 경화 전 중량 기준으로 화합물의 약 66.5%를 구성한다. 경화 후, 인쇄 가능한 재료의 용매가 증발하거나 제거될 때, 경화된 인쇄 가능한 재료는 60-70%의 제1 입자와 30-40%의 제2 입자를 포함한다.
- [0015] 본 명세서의 추가 양태는, 절연체 재료인 제1 입자를 수용하는 단계; 전기 전도성 금속 재료인 제2 입자를 수용하는 단계; 및 제1 입자와 제2 입자의 조합을 인쇄 가능한 액체 슬러리에 현탁시키는 단계;를 포함하는 방법을 포함하며, 상기 인쇄 가능한 재료의 후속 경화된 상태는 임계값 초과를 열을 가함으로써 전기 전도성 경로로 변형 가능하다.
- [0016] 본 명세서의 추가 양태는, 임계값 초과를 제2 입자의 그룹에 대한 열을 적용하기 전에, 인쇄 가능한 재료의 층에서 제2 입자의 그룹이 서로 분리되도록(예를 들어, 비접촉) 인쇄 가능한 재료의 제2 입자에 대한 제1 입자의 혼합 비율을 제어하는 단계를 포함한다. 임계값 초과를 열에 대한 인쇄 가능한 재료의 후속 노출은, 은 나노 입자의 소결로 인해 그룹에서 제2 입자들 사이에 접촉을 유발하고, 열은 재료의 유전체층의 일부를 전기 전도성 경로로 전환시킨다. 보다 구체적으로, 열(레이저 또는 기타 적절한 리소스와 같은)에 노출된 유전체 재료의 인쇄된 층의 영역은 절연체를 전기 전도성 재료로 변환시킨다.
- [0017] 제2 양태
- [0018] 본 명세서의 추가 양태는, 기판; 기판 상에 배치되고, 제1 입자 및 제2 입자를 포함하는 인쇄된 재료로서, 상기

제1 입자는 절연체 재료이고, 상기 제2 입자는 전기 전도성 금속 재료인 것인, 인쇄된 재료;를 포함하는 장치를 포함하고, 상기 제1 입자 및 제2 입자는 인쇄된 재료에 무작위로 분포되고, 상기 제2 입자는 임계값 초과를 열을 가함으로써 전기 전도성 경로로 추가로 변형 가능하다.

- [0019] 추가 양태에 따르면, 인쇄된 재료는 제1 부분 및 제2 부분을 포함하고, 인쇄된 재료의 제1 부분은 열의 적용을 통해 소결(연결)된 제2 입자를 포함하고, 인쇄된 재료의 제2 부분은 열을 가하여 소결되지 않은 제2 입자를 포함한다. 하나의 양태에서, 잉크는 Ag 및 BST 나노 입자의 균질한 혼합물이다.
- [0020] 또 다른 양태에서, 인쇄된 경화된 재료의 제1 부분은 제2 부분보다 낮은 저항률을 갖는다. BST 재료는 전기 절연 재료이다.
- [0021] 또 다른 양태에서, 기판 상의 인쇄된 재료는 유전체 재료이다.
- [0022] 인쇄된 재료의 제2 입자는 열을 가하기 전에 제1 입자에 의해 서로 분리된다. 하나의 양태에서, 임계값 초과를 제2 입자의 그룹에 대해 열을 가하는 것은 은 나노 입자의 소결로 인해 제2 입자의 그룹 사이의 물리적 접촉을 야기한다.
- [0023] 또 다른 양태에서, 제2 입자의 용점은 제1 입자의 용점보다 훨씬 낮다.
- [0024] 제2 입자는 임의의 적합한 금속일 수 있다. 하나의 양태에서, 제2 입자는 은 나노 입자이고; 제1 입자는 BST (바륨 스트론튬 티타네이트) 나노 입자이다. 인쇄된 재료는 1-메톡시-2-프로판올, 에틸렌 글리콜 등과 같은 하나 이상의 용매를 더 포함한다. 하나의 양태에서, 인쇄된 재료 (예를 들어 경화되지 않은 상태에서)는 경화 전에 40 중량% 초과를 에틸렌 글리콜로 구성된다.
- [0025] 또 다른 양태에 따르면, 제1 입자는 중량 기준으로 인쇄된 재료의 약 21%를 구성하고; 제2 입자는 중량 기준으로 인쇄된 재료의 약 12.5%를 구성하고; 하나 이상의 용매 혼합물은 중량 기준으로 인쇄된 재료의 약 66.5%를 구성한다.
- [0026] 본 명세서의 추가 양태는, 인쇄 가능한 재료를 기판에 적용하는 단계로서, 상기 인쇄 가능한 재료는 상기 인쇄 가능한 재료에 현탁된 제1 입자 및 제2 입자를 포함하며, 상기 제1 입자는 절연체 재료이고, 상기 제2 입자는 전기 전도성 금속 재료인 것인, 단계; 및 상기 기판 상의 인쇄 가능한 재료를 경화시키는 단계;를 포함하는 방법을 포함하며, 상기 경화된 인쇄 가능한 재료의 제2 입자는 임계값 초과를 열을 가함으로써 전기 전도성 경로로 변형 가능하다.
- [0027] 추가 양태에 따르면, 경화된 인쇄 가능한 재료 내의 제2 입자의 그룹은 임계값 초과를 제2 입자의 그룹에 열을 가하기 전에 서로로부터 분리된다.
- [0028] 하나의 양태에서, 제1 입자는 비-전기 전도성 재료이다. 제2 입자는 금속으로 제조된다.
- [0029] 본 명세서의 방법의 추가 양태는 기판 상의 물질의 유전체층에 배치된 제2 입자의 그룹에 열을 가하는 단계를 포함하고, 그룹에 대한 열의 적용은 제2 입자의 그룹이 기판 상에 유전체 재료의 층을 통해 전기 전도성 경로를 형성하게 한다. 하나의 양태에서, 열의 적용은 제2 입자의 소결(연결, 네킹 등)을 유발하여, 전기 전도성 경로를 생성한다.
- [0030] 앞서 논의된 바와 같이, 하나의 양태에서, 제2 입자의 용점은 제1 입자의 용점보다 낮다.
- [0031] 또 다른 양태에서, 임계값 초과를 열에 재료의 유전체층(경화된 인쇄 가능한 재료)의 노출은 그룹에서 제2 입자 사이의 소결 및/또는 물리적 접촉을 야기한다.
- [0032] 하나의 양태에서, 경화된 인쇄 가능한 재료는 제1 입자 및 제2 입자가 현탁되어 있는 재료의 유전체층이다.
- [0033] 제2 입자는 은 나노 입자와 같은 임의의 적합한 금속이고; 제1 입자는 BST(바륨 스트론튬 티타네이트) 나노 입자와 같은 임의의 적합한 재료이다. 또한, 인쇄 가능한 재료는 기판에 인쇄 가능한 재료의 적용을 용이하게 하는 하나 이상의 용매를 포함한다. 하나 이상의 용매는 하기를 포함할 수 있다: 1-메톡시-2-프로판올; 및 에틸렌 글리콜. 하나의 양태에서, 인쇄된 재료는 경화 전에 40 중량% 초과를 에틸렌 글리콜로 구성된다.
- [0034] 또 다른 양태에서, 제1 입자는 중량 기준으로 인쇄된 재료의 약 21%를 구성하고; 제2 입자는 중량 기준으로 인쇄된 재료의 약 12.5%를 구성하고; 하나 이상의 용매 혼합물은 중량 기준으로 인쇄된 재료의 약 66.5%를 구성한다.
- [0035] 본 명세서의 추가 양태는 기판을 수용하는 제조기(fabricator)를 포함한다. 유전체 재료의 제1 층은 기판의 표

면 상에 배치된다. 유전체 재료의 제1 층은 유전체 재료의 제1 층에 현탁된 제1 입자 및 제2 입자를 포함한다. 제1 입자는 절연체 재료를 포함하고; 제2 입자는 금속과 같은 전기 전도성 재료이다. 제조기는 유전체 재료의 제1 층 영역에 열을 가하고; 열을 가하는 것은 유전체 재료의 제1 층의 영역에서 유전체 재료를 전기 전도성 경로로 변형시킨다.

- [0036] 하나의 양태에서, 임계값 초과 열의 적용은 이들이 서로 접촉하도록 영역에서 제2 입자를 소결시킨다.
- [0037] 또 다른 예시적인 양태에서, 임계값 초과 열을 가하는 것은 영역 내의 제2 입자의 세트를 서로 접촉시켜, 전기 전도성 경로를 생성하게 한다.
- [0038] 또 다른 예시적인 양태에서, 유전체 재료의 제1 층은 영역에서 제2 입자의 세트(금속과 같은 전기 전도성 재료)를 포함하고, 제2 입자의 세트는 열을 가하기 전에 사실상 비-인접한다(비-접촉한다). 이러한 경우에, 제2 입자의 제2 세트는 높은 저항 경로를 제공한다. 임계값 초과 열을 가하는 것은, 해당 영역의 일련의 제2 입자들을 서로 전기적으로 접촉시키고; 영역 내에서 일련의 제2 입자들의 접촉은 영역을 전기 전도성 경로(낮은 저항 경로)로 변형시킨다.
- [0039] 또 다른 예시적인 양태에서, 초기에, 영역에서 제2 입자의 그룹의 각 입자는 열을 가하기 전에 제1 입자 크기를 갖는다. 영역에 열을 가하는 것은 그룹에서 제2 입자가 제1 입자의 크기에 비해 제2 입자의 크기로 입자 크기를 증가시킨다.
- [0040] 또 다른 예시적인 양태는 유전체 재료의 제1 층의 영역을 가열하기 위해 영역으로 레이저 빔을 조종하는 단계를 포함한다. 하나의 양태에서, 제조기는 영역에서 생성될 전기 전도성 경로의 목적하는 저항에 따라(레이저, 포토 리소그래피, 대류 오븐 등과 같은 임의의 적절한 열 리소스를 통해) 영역에 가해지는 열의 크기를 제어한다.
- [0041] 본 명세서에 기술되는 제조는 하나 이상의 회로 부품을 생성하는 것을 포함한다. 하나의 양태에서, 경화된 유전체 재료의 영역에 열을 가하는 것은 유전체 재료의 제1 층의 제1 표면과 유전체 재료의 제1 층의 제2 표면 사이에서 연장되는 비아(via)를 생성한다.
- [0042] 본 명세서의 또 다른 양태는 제조기를 통해 유전체 재료의 제1 층 위에 유전체 재료의 제2 층을 적용하는 단계를 포함한다. 유전체 재료의 제1 층과 유사하게, 유전체 재료의 제2 층은 유전체 재료의 제2 층에 현탁된 제1 입자 및 제2 입자를 포함한다. 유전체 재료의 제2 층의 제1 입자는 절연체 재료이다. 유전체 재료의 제2 층의 제2 입자는 전기 전도성 재료이다. 이전에 논의된 것과 유사한 방식으로, 유전체 재료는 처음에 유전체 재료의 제2 층을 생성하기 위해 유전체 재료의 제1 층 위에 도포된 액체 화합물(혼합물)이다. 재료의 경화는 유전체 재료의 제2 층(금속과 같은 제2 입자 포함)을 생성한다.
- [0043] 제조기는 유전체 재료의 제2 층의 하나 이상의 위치에 열을 가한다. 유전체 재료의 제2 층에 열을 가하는 것은 제2 층에서 유전체 재료의 가열된 부분을 절연체 재료에서 전기 전도성 경로로 변형시킨다. 이전에 논의된 바와 같은 방식으로, 인가된 열의 양은 유전체 재료의 제2 층에서 생성된 전기 전도성 경로의 저항을 제어한다.
- [0044] 이전에 논의된 바와 같이, 하나 이상의 층에서 경화된 유전체 재료의 하나 이상의 영역에 열을 가함으로써 하나 이상의 전기 전도성 경로를 제조하는 것은 전자 부품을 생성시킨다. 따라서, 유전체 재료의 하나 이상의 층의 하나 이상의 영역에 열을 가하면 전자 부품이 생성된다.
- [0045] 추가의 예시적인 양태에 따르면, 본 명세서에 기술된 바와 같은 Ag-BST 잉크 등과 같은 유전체 잉크는 광범위한 가요성 및 강성 기판 상에 저항기를 인쇄하는데 사용될 수 있음을 유의한다.
- [0046] 하나의 양태에서, 유전체 재료의 가열로부터 유도된 저항기는 작동 온도 -50 °C와 150 °C 사이에서 안정하며; 저항 변화는 이 온도 범위에서 10% 미만이다.
- [0047] 추가의 예시적인 양태에 따르면, 더 많은 양의 열을 가하면 은 나노 입자 소결을 통해 경화된 유전체 재료(예를 들면, 경화된 Ag-BST11 및 Ag-BST12 잉크)의 저항이 감소된다.
- [0048] 또 다른 예시적인 양태에서, Ag-BST13은 경화(15분 동안 80 °C에 노출) 후 유전체 특성을 나타낸다.
- [0049] 경화된 유전체 재료를 절연 재료로부터 전도성 재료로 변환하기 위해 추가 가열이 사용될 수 있다.
- [0050] 하나의 양태에서, 안정적인 저항기 부품을 생성하기 위해 본 명세서에 기술된 저항성 부품은 3시간 이상 동안 250 °C에서 경화된다.
- [0051] 유전체 재료의 하나 이상의 영역을 가열하는 것은 기존의 박스 오븐, 핫 플레이트, 레이저 빔, 고강도 광대역

광 등을 사용하여 제공될 수 있다.

- [0052] 모든 유전체 잉크의 저항은 가열 매개변수를 변경하여 조정될 수 있다.
- [0053] 추가의 예시적인 양태에 따르면, 레이저 소결은 경화된 유전체 재료 층 위의 저항기를 패터닝하는데 사용될 수 있고; 레이저에 노출된 부분만 전도성이 있고, 다른 부분은 원래 유전적 특성을 유지할 것이다.
- [0054] 선택적 레이저 소결된 저항기의 저항은 레이저 강도와 레이저 래스터(raster) 속도를 변경함으로써 조정될 수 있다.
- [0055] 경화된 Ag-BST13 층의 선택적 레이저 소결은 저항기, 저항성 비아, 원통형 커패시터, 수직 평행판 커패시터, 맞물린 커패시터, 시트 저항이 다른 층 등과 같은 광범위한 장치를 제조하는데 사용될 수 있다.
- [0056] 본 명세서의 양태는 종래의 인쇄 가능한 잉크에 비해 유용하다. 예를 들면, 개시된 신규한 인쇄 가능한 잉크 (예를 들어, 비전도성 입자와 전도성 입자의 조합을 포함함)는 유전체 재료 또는 저항성 재료를 구현하는 응용 분야와 같은 다양한 응용 분야에 사용될 수 있다.
- [0057] 본 명세서에 추가로 설명되는 바와 같이, 이 개시된 잉크의 상이한 형식은 분배, 에어로졸 제트, 잉크 제트 등과 같은 여러 인쇄 기술에서 사용될 수 있다.
- [0058] 이전에 논의된 바와 같이, 본 명세서에 기재된 신규 혼합물의 층으로 코팅된 기관은 열에 추가로 노출될 수 있으며, 이는 유전체층의 열-노출된 부분을 전도성 층으로 전환시킨다. 이러한 양태는 인쇄 회로 기관 또는 다른 장치 상에 트레이스, 저항기 등을 제조하는데 유용하다. 이들 및 다른 보다 구체적인 양태는 하기에 보다 상세하게 개시된다.
- [0059] 제조기(제조 시설)와 같이 본 명세서에서 논의된 리소스 중 하나는 하나 이상의 컴퓨터화된 장치, 워크스테이션, 핸드헬드 또는 랩톱 컴퓨터 등을 포함하여, 본 명세서에 개시된 방법 작업의 일부 또는 전부를 수행 및/또는 지원할 수 있음을 유의한다. 다시 말해서, 하나 이상의 컴퓨터화된 장치 또는 프로세서는 본 명세서에 기술된 바와 같은 상이한 양태를 수행하기 위해 본 명세서에 설명된 바와 같이 작동하도록 프로그래밍 및/또는 구성될 수 있다.
- [0060] 본 명세서의 또 다른 양태는 위에서 요약되고 아래에서 상세히 개시되는 단계 및 동작을 수행하기 위한 소프트웨어 프로그램을 포함한다. 하나의 이러한 양태는 소프트웨어 명령어가 후속 실행을 위해 인코딩되는 비일시적인 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(즉, 임의의 컴퓨터 판독 가능 하드웨어 저장 매체 또는 하드웨어 저장 매체가 따로따로 또는 함께 배치됨)를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품을 포함한다. 명령어는, 프로세서를 갖는 컴퓨터화된 장치(하드웨어)에서 실행될 때, 프로그램을 짜고/짜거나 프로세서(하드웨어)가 본 명세서에 개시된 동작을 수행하게 한다. 이러한 배열은 일반적으로 광학 매체(예를 들면, CD-ROM), 플로피 디스크, 하드 디스크, 메모리 스틱, 메모리 장치 등과 같은 비일시적인 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체, 또는 하나 이상의 ROM, RAM, PROM 등의 펌웨어와 같은 기타 매체 및/또는 ASIC(Application Specific Integrated Circuit) 등 위에 배열되거나 인코딩된 소프트웨어, 코드, 명령어 및/또는 기타 데이터(예를 들면, 데이터 구조)로 제공된다. 소프트웨어 또는 펌웨어 또는 기타 이러한 구성은 컴퓨터화된 장치가 본 명세서에 설명된 기술을 수행하도록 하기 위해 컴퓨터화된 장치 상에 설치될 수 있다.
- [0061] 따라서, 본 명세서의 양태는 본 명세서에서 논의된 바와 같은 하나 이상의 광학 장치의 제조와 같은 동작을 지원하는 방법, 시스템, 컴퓨터 프로그램 제품 등에 관한 것이다.
- [0062] 본 명세서의 추가 양태는 컴퓨터 판독가능한 저장 매체 및/또는 본 명세서에서 논의된 바와 같은 하나 이상의 혼합물 및 대응하는 전자 장치의 제조를 용이하게 하기 위해 그 위에 저장된 명령어를 갖는 시스템을 포함한다. 예를 들어, 하나의 양태에서, 명령어는, 컴퓨터 프로세서 하드웨어에 의해 실행될 때, 제조기와 관련된 컴퓨터 프로세서 하드웨어(예를 들면, 하나 이상의 프로세서 장치)가: 절연체 재료인 제1 입자를 수용하고; 전기 전도성 금속 재료인 제2 입자를 수용하고; 및 제1 입자와 제2 입자의 조합을 인쇄 가능한 재료에 현탁시키는 것을 포함하고, 여기서 인쇄 가능한 재료의 경화된 상태는 임계값 초과를 열을 가함으로써 전기 전도성 경로로 변형 가능하다.
- [0063] 추가 양태에 따르면, 명령어는, 컴퓨터 프로세서 하드웨어에 의해 실행될 때, 제조기와 관련된 컴퓨터 프로세서 하드웨어(예를 들면, 하나 이상의 프로세서 장치)가: 인쇄 가능한 재료를 기관에 적용하게 하는데, 인쇄 가능한 재료는 인쇄 가능한 재료에 현탁된 제1 입자 및 제2 입자를 포함하고, 제1 입자는 절연체 재료이고, 제2 입자는 전기 전도성 금속 재료이고; 및 기관 상에 인쇄 가능한 재료를 경화시키게 하는데, 경화된 인쇄 가능한 재료의

제2 입자는 임계값 초과 열의 적용을 통해 전기 전도성 경로로 변형 가능하다.

- [0064] 추가 양태에 따르면, 명령어는, 컴퓨터 프로세서 하드웨어에 의해 실행될 때, 제조기와 관련된 컴퓨터 프로세서 하드웨어(예를 들면, 하나 이상의 프로세서 장치)가: 기관, 상기 기관의 표면 상에 배치되는 유전체 재료의 제1 층을 수용하게 하는데, 유전체 재료의 제1 층은 유전체 재료의 제1 층에 현탁된 제 1 입자 및 제 2 입자를 포함하고, 제1 입자는 절연체 재료이고, 제2 입자는 전기 전도성 금속 물질이고; 및 유전체 재료의 제1 층의 영역에 열을 가하게 하는데, 열을 가하는 것은 그 영역의 유전체 재료를 전기 전도성 경로로 전환시킨다.
- [0065] 명확성을 위해 위 단계의 순서가 추가되었다. 본 명세서에 논의된 바와 같은 임의의 처리 단계는 임의의 적합한 순서로 수행될 수 있음을 유의한다.
- [0066] 본 개시내용의 다른 양태는 위에 요약되고 아래에 상세히 개시되는 방법 양태 단계 및 동작 중 임의의 것을 수행하기 위한 소프트웨어 프로그램 및/또는 각각의 하드웨어를 포함한다.
- [0067] 또한, 본 명세서에 논의된 바와 같은 방법은 엄격하게 소프트웨어 프로그램, 펌웨어, 소프트웨어, 하드웨어 및/또는 펌웨어의 하이브리드로서, 또는 프로세서(하드웨어 또는 소프트웨어) 내에서와 같이 하드웨어 단독으로서, 또는 운영 체제 내에서 또는 소프트웨어 애플리케이션 내에서 구현될 수 있음이 이해될 것이다.
- [0068] 추가로, 본 명세서의 상이한 특징, 기술, 구성 등 각각이 본 개시 내용의 상이한 위치에서 논의될 수 있지만, 적합한 경우, 각각의 개념이 선택적으로 서로 독립적으로 실행될 수 있거나 또는 서로 조합하여 실행될 수 있다. 따라서, 본 명세서에 기재된 바와 같은 하나 이상의 본 발명은 많은 상이한 방식으로 구현되고 보여질 수 있다.
- [0069] 또한, 본 명세서의 양태에 대한 이러한 예비 논의는 본 개시내용 또는 청구된 발명(들)의 모든 양태 및/또는 점진적으로 새로운 측면을 의도적으로 특정하지 않는다는 점에 주의한다. 대신, 이 간단한 설명은 일반적인 양태와 기존 기술에 비해 대응하는 신규점 만을 제시한다. 본 발명(들)의 추가적인 세부사항 및/또는 가능한 관점(순열)에 대해, 독자는 아래에서 추가로 논의되는 바와 같이 본 개시 내용의 상세한 설명 섹션 및 대응하는 도면으로 안내된다.

도면의 간단한 설명

- [0070] 도 1은 본 명세서의 양태에 따른 전자 장치를 제조하기 위한 인쇄 가능한 혼합물의 제조 및 인쇄 가능한 혼합물의 용도를 예시하는 예시적인 도면이다.
- 도 2는 본 명세서의 양태에 따른 인쇄 가능한 혼합물을 제조하기 위한 제어 정보를 예시하는 예시적인 도면이다.
- 도 3은 본 명세서의 양태에 따른 인쇄 가능한 혼합물을 제조하기 위한 제어 정보를 예시하는 예시적인 도면이다.
- 도 4는 본 명세서의 양태에 따른 전자 장치를 제조하기 위한 인쇄 가능한 혼합물의 제조 및 인쇄 가능한 혼합물의 사용을 예시하는 예시적인 도면이다.
- 도 5는 본 명세서의 양태에 따른 인쇄된 유전체 재료의 경화와 관련된 예시적인 그래프이다.
- 도 6은 본 명세서의 양태에 따른 소결된 유전체 재료 대 소결되지 않은 유전체 재료를 도시하는 예시적인 사진이다.
- 도 7은 본 명세서의 양태에 따른 유전체 재료에서 상이한 폭의 전도성 경로의 제조를 예시하는 예시적인 도면이다.
- 도 8은 본 명세서의 양태에 따른 제1 깊이에서 대응하는 전도성 경로의 제조를 초래하는 유전체 재료의 층에 제1 크기의 열을 가하는 것을 예시하는 예시적인 도면이다.
- 도 9는 본 명세서의 양태에 따른 제2 깊이에서 대응하는 전도성 경로의 제조를 초래하는 유전체 재료 층에 제2 크기의 열을 가하는 것을 예시하는 예시적인 도면이다.
- 도 10은 본 명세서의 양태에 따른 제3 깊이에서 대응하는 전도성 경로의 제조를 초래하는 유전체 재료의 층에 제3 크기의 열을 가하는 것을 예시하는 예시적인 도면이다.
- 도 11a는 본 명세서의 양태에 따른 기관 상의 유전체 재료의 제1 층의 적층을 예시하는 예시적인 도면이다.

도 11b는 본 명세서의 양태에 따른 제1 유전체 재료 층에 대한 제1 열을 가함 및 제1 전도성 경로들의 제조를 예시하는 예시적인 도면이다.

도 12a는 본 명세서의 양태에 따른 유전체 재료의 제1 층 위에 유전체 재료의 제2 층의 적층을 예시하는 예시적인 도면이다.

도 12b는 본 명세서의 양태에 따른 제2 유전체 재료 층에 대한 제2 열을 가함 및 제2 전도성 경로들의 제조를 예시하는 예시적인 도면이다.

도 13a는 본 명세서의 양태에 따른 기판 상의 유전체 재료의 제3 층의 적층을 예시하는 예시적인 도면이다.

도 13b는 본 명세서의 양태에 따른 제3 유전체 재료 층에 대한 제3 열을 가함 및 제3 전도성 경로들의 제조를 예시하는 예시적인 도면이다.

도 14는 본 명세서의 양태에 따른 원형 커패시터를 예시하는 예시적인 3D 뷰 도면이다.

도 15는 본 명세서의 양태에 따른 원형 커패시터를 예시하는 예시적인 측면도이다.

도 16은 본 명세서의 양태에 따른 하나 이상의 동작을 실행하기 위한 예시적인 컴퓨터 아키텍처를 예시하는 도면이다.

도 17, 18, 및 19는 본 명세서의 양태에 따른 방법들을 예시하는 예시적인 도면들이다.

본 발명의 상기 및 다른 목적, 특징, 및 이점은, 유사한 참조 부호가 상이한 도면 전체에 걸쳐 동일한 부분을 지칭하는 첨부 도면에 도시된 바와 같이, 본 명세서의 바람직하나의 양태에 대한 하기의 보다 특정한 설명으로부터 명백할 것이다. 도면은 반드시 축척에 맞춰진 것은 아니며, 대신에 양태, 원리, 개념 등을 설명하는데 중점을 둔다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0071] 본 명세서의 양태는 은-바륨 스트론튬 티타네이트(Ag-BST라고도 함) 인쇄 복합 필름과 같은 신규 절연 유전체 재료 상에 전도성/저항 특징부를 제조하기 위한 인쇄된 전자/적층 제조 접근 방식을 포함한다. 예를 들면, 본 명세서에 기재된 복합재 기능성 잉크(예를 들면, 유전성 액체 잉크)는 전도성 나노 입자 잉크와 절연성 BST 나노 입자 잉크의 블렌드를 포함한다. 최종 잉크에서 입자에 대한 금속 입자의 비율은 초기 경화 후 절연성 상(예를 들면, 기판 상에 하나 이상의 유전체 재료의 층) 및 주변 조건 하에서 하나 이상의 유전체 재료의 층의 선택적 레이저 소결 후 전도성/저항성 상을 제공하는 잉크 블렌드를 생성하도록 최적화된다.
- [0072] 하나의 양태에서, 선택적 레이저 소결된 Ag-BST 저항기 부품(유전체 재료의 경화된 하나 이상의 층에서 유래됨)은 저항 거동을 나타내고, 저항은 과장, 전력, 및/또는 레이저의 래스터링 속도/피치와 같은 레이저 소결 파라미터를 변경함으로써 조절될 수 있다. 이 절연체(즉, 액체 잉크를 경화하는 것으로부터 생성된 초기 경화된 유전체 재료 층) 및 유전체 재료의 하나 이상의 층의 하나 이상의 영역을 유전체 재료의 전도체/저항 영역으로 변환시키는 것은 직접 쓰기 인쇄된 전자/적층 제조 애플리케이션을 위한 새로운 경로를 제공한다. 하나의 비제한적인 예시적인 양태에서, 열적으로 소결된 Ag-BST 저항기는 -50 °C와 150 °C사이의 저항에서 8% 미만의 변화를 나타내었다.
- [0073] 이제, 보다 구체적으로, 도면을 참조하면, 도 1은 본 명세서의 양태에 따른 전자 장치를 제조하기 위한 인쇄 가능한 혼합물의 제조 및 인쇄 가능한 혼합물의 사용을 예시하는 예시적인 도면이다.
- [0074] 도시된 바와 같이, 제조 환경(100)은 제어 시스템(140) 및 제조 시스템(155)을 포함한다.
- [0075] 제조 환경(100)의 제조 단계에서, 제어 정보(146)(도 2 및 3의 부품 비율의 예를 참조) 및 제조 리소스(148)의 제어(예를 들면, 밸브, 컨베이어, 재료 전달을 위한 튜브, 혼합 장비, 교반기 장비, 측정 장비 등), 제어 시스템(140)은 용매(111)(에틸렌 글리콜), 용매(112)(1 메톡시 2 프로판올)와 같은 하나 이상의 용매(액체), 분산제와 같은 하나 이상의 첨가제(119)에 기반한 혼합물(152)을 생성한다.
- [0076] 추가로 도시된 바와 같이, 제어 시스템(140)은 입자(121)(절연체 입자) 및 입자(122)(예를 들면, 전도체 입자)를 포함하는 혼합물(152)을 생성한다. 따라서, 어느 정도까지, 제어 정보(146)는 상이한 유형의 혼합물을 생성하기 위한 다중 레시피(상이한 성분의 비율)를 포함한다.
- [0077] 추가의 양태에 따르면, 혼합물(152) 내의 용매(111)(예를 들어, 인쇄 가능한 유전체 잉크)는 수용성이다. 하나

의 양태에서, 용매(111)는 용매의 글리콜 계열로부터 선택된다. 특정 양태에서, 용매(111)는 에틸렌 글리콜이다.

- [0078] 분산제와 같은 첨가제(119)는 혼합물(152)에 입자(121, 122)를 분산시킨다. 하나의 양태에서, 분산제는 암모늄 폴리메타크릴레이트(예를 들면, 25 중량%) 및 물(예를 들면, 75 중량%)의 일부를 포함하는 암모늄 폴리메타크릴레이트(예를 들면, NanoSpurse S계라는 명칭의 상업적 분산제)이거나 이를 포함하지만, 이 비율은 다를 수 있다.
- [0079] 임의의 적합한 유형의 입자는 혼합물(152)을 제조하는데 사용될 수 있음에 유의한다. 예를 들어, 하나의 양태에서, 입자(121)는 페로브스카이트 산화물 입자(예를 들어, 바륨 스트론튬 티타네이트 입자 또는 다른 절연체 입자)이다. 입자(121)는 소결되거나 소결되지 않을 수 있다. 입자(122)는 도핑될 수 있다.
- [0080] 추가 양태에 따르면, 입자(121)는 균일한 형상 및 크기의 나노 입자이다. 대안적으로, 혼합물은 상이한 크기 및 형상의 입자(121)를 포함할 수 있다.
- [0081] 추가 양태에 따르면, 혼합물은 이전에 언급된 바와 같은 임의의 적합한 크기의 입자(121)를 포함할 수 있지만, 입자(121)는 30 나노미터 내지 2000 나노미터 범위의 모달 크기를 갖는 크기 분포를 갖는다. 혼합물은 이전에 언급된 바와 같은 임의의 적합한 크기의 입자(122)를 포함할 수 있지만, 입자(122)는 30 나노미터 내지 2000 나노미터 범위의 모드 크기를 갖는 크기 분포를 갖는다.
- [0082] 또한, 입자(121)는 도핑된 BST 입자일 수 있음을 유의한다. 도핑은 임의의 적절한 재료를 사용하여 달성될 수 있다. 이러한 예에서, 제어 시스템(140)은 도핑된 BST 나노 입자를 포함하도록 예비-혼합물(151)을 생성한다.
- [0083] 추가 양태에 따르면, 제어 시스템(140)은, 최종 혼합물(152)이 20 내지 6000 cp(CentiPoise)의 점도를 갖도록, 하나 이상의 용매(예를 들면, 용매(111) 및/또는 용매(112)) 및 입자(121 및 122) 등의 비율을 조절한다. 본 명세서의 추가 양태는 최대 20,000-25,000 cP의 점도를 갖도록 혼합물(예를 들면, 유전체 잉크)을 제조하는 것을 포함한다. 따라서, 본 명세서의 양태는 바람직한 점도의 혼합물(152)을 생성하기 위해 성분(예를 들면, 용매, 입자 등)의 비율을 제어하는 것을 포함한다.
- [0084] PVA(폴리비닐 알코올) 물질이 혼합물(152)에 없는 더욱 구체적인 예로서, 제어 시스템(140)은 혼합물(152)에 에틸렌 글리콜과 같은 용매(111) 및 1-메톡시-2-프로판올과 같은 용매(112)를 포함한다. 제작기(manufacturer)는 혼합물(152)에 포함된 용매 에틸렌 글리콜(점도 16 cP)과 용매 1-메톡시-2-프로판올(점도 1.7 cP)의 비율을 기준으로 혼합물(152)의 점도를 조절한다.
- [0085] 하나의 양태에서, 제어 시스템(140)은 전자 장치(185)의 후속 제조를 위한 목적하는 점도를 얻기 위해, 혼합물(152)에서 이들 두 용매(예를 들면, 에틸렌 글리콜 및 1-메톡시-2-프로판올)의 용매 비율을 제어하거나 조정한다.
- [0086] 최종 혼합물(152)(예를 들면, 인쇄 가능한 유전체 액체 잉크의 화합물)을 생성하기 위해, 제어 정보(146)(도 2 및 3의 성분 비율의 예 참조)에 따라, 제어 시스템(140)은 예비 혼합물(151)의 일부, 용매(111), 및 용매(112)를 조합한다.
- [0087] 본 명세서의 추가 양태는 혼합물(152)의 특성을 추가로 제어하기 위해 혼합물(152)에 하나 이상의 첨가제(119)를 포함하는 것을 포함한다. 예를 들어, 하나의 양태에서, 제어 시스템(140)은 혼합물(152)(유전체 잉크)에 하나 이상의 첨가제(119)를 포함하는 것을 제어한다. 이용 가능한 첨가제(119)는 다음과 같은 물질을 포함한다: 1-헥탄, 알파-테르피네올, 에틸셀룰로오스, 글리세롤 등.
- [0088] 혼합물(152)에 포함된 첨가제(119)의 양은 양태에 따라 달라진다. 하나의 양태에서, 혼합물(152)은 첨가제(119) 중 하나 이상을 5%(중량 기준) 이하로 포함하도록 제조된다. 다른 양태에서, 제어 시스템(140)은 최종 혼합물(152)의 1% 미만(중량 기준)이 하나 이상의 첨가제(119)로 구성되도록 혼합물(152)을 생성한다.
- [0089] 도 1에 추가로 도시된 바와 같이, 제조 시스템(155)은 전자 장치(185)를 제조하기 위해 최종 혼합물(152)을 수용하고 사용한다. 예를 들어, 하나의 양태에서, 제조 시스템(155)은 혼합물(152)(예를 들면, 인쇄 가능한 유전체 잉크)의 적용 및 이에 따른 전자 장치(185)의 제조를 제어하는 프린터 장치(180)를 포함한다. 제조 시스템(155)의 열원(예를 들면, 오븐, 핫 플레이트, 컨베이어 벨트 등)은 액체 혼합물(152)을 유전체 재료(270)의 고체 층으로 경화시킨다. 하나의 양태에서, 기판(250) 표면의 바닥에 적용된 핫 플레이트는 액체 혼합물(152)을 가열하여, 그것을 유전체 재료의 층(270)으로 경화시킨다.

- [0090] 본 명세서에서 추가로 논의되는 바와 같이, 성분의 양(예를 들면, 용매, 입자(130) 등의 양/비율 등)은 상이한 방식으로 혼합물(152)(예를 들면, 인쇄 가능한 잉크)의 적용을 용이하게 하도록 제어될 수 있음을 유의한다. 예를 들면, 아래에서 추가로 논의되는 바와 같이, 본 명세서에 기재된 바와 같은 상이한 혼합물은 각각의 혼합물(152)의 구성에 따라 분배 장치, 에어로졸 제트, 잉크젯 등과 같은 프린터 장치(180)를 통해 적용될 수 있다. 따라서, 본 명세서의 양태는 상이한 유형의 인쇄 기술 및 응용을 지원하기 위해 혼합물에 포함된 재료(성분)의 비율을 제어하는 것을 포함한다.
- [0091] 따라서, 예시적인 양태에서, 화합물 혼합물(152)은, 절연체 재료(비-전기 전도성 재료)인 제1 입자(121); 전기 전도성 재료인 제2 입자(122); 및 인쇄 가능한 재료(혼합물(152))의 경화 상태(거의 고체의 고체)가 하나 또는 임계값 초과인 열을 가함으로써 더 많은 전기 전도성 경로로 변환 가능한 인쇄 가능한 재료(즉, 혼합물(152))에 분산 및 현탁되는 제1 입자(121) 및 제2 입자(122)의 조합을 포함한다.
- [0092] 추가 양태에 따르면, 제2 입자(122)는 금속과 같은 전기 전도성 재료로 제조된다. 하나의 양태에서, 입자(122)는 은(Ag) 입자이다. 또 다른 양태에서, 입자(121)에 대한 입자(122)의 비는 혼합물에서 중량 기준으로 약 62.5 내지 37.5이다. 즉, 하나의 양태에서, 혼합물(152) 내의 모든 입자의 62.5% (+/- 5%)는 입자(122)이고; 하나의 양태에서, 혼합물(152) 내의 모든 입자의 37.5% (+/- 5%)는 입자(121)이다. 추가적으로 또는 대안적으로, 제2 입자(122)는 바륨 스트론튬 티타네이트(BST) 입자이다.
- [0093] 하나의 양태에서, 유전체 재료 층(270)(경화된 혼합물(152)) 내의 모든 입자의 62.5%(+/- 5%)는 입자(122)이고; 하나의 양태에서, 유전체 재료 층(270)(경화된 혼합물(152)) 내의 모든 입자의 37.5%(+/- 5%)는 입자(121)이다.
- [0094] 또 다른 양태에서, 제2 입자(122)의 용점은 제1 입자(121)의 용점보다 낮다.
- [0095] 제1 입자(121)와 제2 입자(122)의 비율은 양태에 따라 달라질 수 있다. 하나의 양태에서, 제1 입자(121) 대 제2 입자(122)의 비율은, 임계값 이상으로 제2 입자(122) 그룹에 열을 가하기 전에, 경화된 인쇄 가능한 재료(유전체 재료의 층(270)) 내의 제2 입자(122)의 그룹이 서로 사실상 분리되도록(예를 들어, 연속적인 전도성 경로를 형성하지 않도록 서로 접촉되지 않음) 선택된다.
- [0096] 본 명세서에서 추가로 논의되는 바와 같이, 경화된 인쇄 가능한 재료(전자 장치(185)의 유전체 재료의 층(270))를 임계값보다 높은 온도로 가열하는 것은 가열된 제2 입자(122)(예를 들면, 은 또는 다른 적절한 재료)가 전도성 경로를 형성하는 각각의 입자(122)(예를 들면, 은 나노 입자)의 소결로 인해 서로 접촉/연결되게 한다.
- [0097] 본 명세서의 추가 양태는 유전체 재료(경화된 인쇄 가능한 재료)를 열에 노출시키는 단계를 포함한다. 하나의 양태에서, 유전체 재료의 층(270)을 임계값 초과인 열에 노출시키는 것은 은 나노 입자의 소결로 인해 그룹 내의 제2 입자들(122) 사이의 접촉을 야기하고; 열은 경화된 인쇄 가능한 재료의 일부를 전기 전도성 경로로 전환시킨다.
- [0098] 추가 양태에 따르면, 제2 입자(122)는 은 나노 입자이고; 제1 입자(121)는 BST 나노 입자이다. 화합물(혼합물 152)은 1-메톡시-2-프로판올 및/또는 에틸렌 글리콜과 같은 하나 이상의 용매를 포함한다. 하나의 양태에서, 화합물(혼합물(152))은 40 중량% 초과인 에틸렌 글리콜로 구성된다.
- [0099] 또 다른 양태에서, 제1 입자(121)는 중량 기준으로 화합물(혼합물(152))의 약 12.5%를 구성하고; 제2 입자(122)는 중량 기준으로 화합물(혼합물(152))의 약 21%를 구성하고; 하나 이상의 용매의 혼합물은, 혼합물(152)을 유전체 재료 층(270)으로 경화시키기 전에, 중량 기준으로 화합물(혼합물(152))의 약 66.5%를 구성한다. 경화 후, 인쇄 가능한 재료의 용매가 증발할 때, 경화된 인쇄 가능한 재료는 60-70%의 제1 입자와 30-40%의 제2 입자를 포함한다.
- [0100] 제어기(140) 및 혼합 리소스(148)를 통한 본 명세서의 추가 양태는, 절연체 재료인 제1 입자(121)를 수용하는 단계; 전기 전도성 금속 재료인 제2 입자(122)를 수용하는 단계; 및 제1 입자(121) 및 제2 입자(122)의 조합을 인쇄 가능한 액체 슬러리(혼합물(152))에 현탁시키는 단계를 포함하며, 여기서 인쇄 가능한 재료(혼합물(152))의 후속 경화 상태는 임계값 초과인 열을 가함으로써 하나 이상의 전기 전도성 경로로 변형 가능하다.
- [0101] 본 명세서의 추가 양태는, 제어기(140) 및 혼합 리소스(148)를 통해, 인쇄 가능한 재료(혼합물(152))에서 제1 입자(121) 대 제2 입자(122)의 혼합 비율을 제어하여, 임계값 초과인 제2 입자의 그룹에 열을 가하기 전에, 인쇄 가능한 재료의 층에서 제2 입자(122)의 그룹이 서로 분리(예를 들면, 비접촉)된다. 임계값 초과인 열에 경

화된 인쇄 가능한 재료(유전체 재료의 층(270))의 후속 노출은 입자(122)의 소결로 인해 그룹 내의 제2 입자들(122) 사이의 접촉을 야기하고, 열은 재료의 유전체 층의 일부를 전기 전도성 경로로 전환시킨다. 보다 구체적으로, 열에 노출된 인쇄된 층의 영역(예를 들면, 레이저 또는 기타 적절한 리소스로부터)은 절연체를 전기 전도성 경로로 전환시킨다.

[0102] 도 2는 본 명세서의 양태에 따른 인쇄 가능한 혼합물을 제조하기 위한 제어 정보를 예시하는 예시적인 도면이다.

[0103] 하나의 양태에서, 제어 시스템(140)은 둘 이상의 액체 혼합물을 조합함으로써 혼합물(152)을 제조한다. 예를 들면, 하나의 양태에서, 제어 시스템(140)은 18.4%(중량 기준)의 절연성 입자(121), 0%(중량 기준)의 전도성 입자(122), 68.2%(중량 기준)의 용매 #1(예를 들면, 에틸렌 글리콜), 12.7%의 용매(112), 예를 들면 1-메톡시 2-프로판올, 및 0.7%의 분산제를 포함하도록 제1 액체 혼합물을 수용 및/또는 생성한다.

[0104] 제어 시스템(140)은 0.0%(중량 기준)의 절연성 입자(121), 63%(중량 기준)의 전도성 입자(122), 14%(중량 기준)의 용매 #1(예를 들면, 에틸렌 글리콜), 21.0%의 용매(112), 예를 들면 1-메톡시 2-프로판올, 및 2.0%의 분산제를 포함하도록 제1 액체 혼합물을 수용 및/또는 생성한다.

[0105] 하나의 양태에서, 제어 시스템(140)은 액체(인쇄 가능한) 혼합물(152)을 생성하기 위해, 혼합물 #1의 2개의 부분을 혼합물 #2의 1개의 부분과 결합한다. 이러한 경우, 최종 액체 혼합물은 12.2%(중량 기준)의 절연성 입자(121), 21%(중량 기준)의 전도성 입자(122), 49.9%(중량 기준)의 용매 #1(예를 들면, 에틸렌 글리콜), 15.5%의 용매(112), 예를 들면 1-메톡시 2-프로판올, 및 1.13%의 분산제를 포함한다.

[0106] 제1 혼합물 #1과 제2 혼합물 #2의 혼합 비율은 양태에 따라 달라질 수 있음을 유의한다. 예를 들어, 제1 액체 혼합물 #1은 최종 액체 혼합물의 28 내지 38 중량%를 구성할 수 있다. 제2 액체 혼합물 #2는 최종 액체 혼합물의 72 내지 62 중량%를 구성할 수 있다.

[0107] 이전에 논의된 바와 같은 방식으로, 최종 혼합물(152)은 각각의 기관 상에 인쇄 가능하다. 경화 후, 기관(250) 상의 유전체 재료(270)의 나머지 층은 36.7%(중량 기준)의 절연성 입자(121), 61.5%(중량 기준)의 전도성 입자(122), 0%(중량 기준)의 용매 #1(예를 들면, 에틸렌 글리콜), 0%의 용매(112)(예를 들면, 1-메톡시 2-프로판올) 및 0%의 분산제를 포함한다. 유전체 재료의 나머지 층은 증발된 물질(예를 들면, 용매, 분산제 등)과 관련된 일정량의 잔류 물질을 포함할 수 있음을 유의한다.

[0108] 추가 양태

[0109] 적층 제조(AM)에서, 여러 유형의 잉크가 필요하기 때문에 인쇄 회로가 복잡할 수 있다. 일반적으로, 전도성/저항성 부품과 절연체/유전체성 부품을 인쇄하는데 두 가지 유형의 기능성 잉크가 사용된다. 그러나, 두 가지 다른 기능의 잉크를 사용하면 더 큰 장치 풋프린트, 전도성 및 유전성 잉크의 비호환성, 비호환성 경화/소결 절차와 같은 추가적인 문제가 발생한다. AM 기술을 사용하여 만든 장치는, 장치 기능, 특히 무선(RF) 및 마이크로파(MW) 주파수 이상의 애플리케이션에 사용되는 개별 구조에 대한 치수 제어를 필요로 한다. 인쇄 기능 및 치수 제어는 잉크 구성 및 인쇄 방법에 따라 달라지므로; 인쇄/적층 제조 장치에 사용될 수 있는 기능성 잉크의 개발은 이 기술을 발전시키기 위한 중요하고 필요한 단계이다.

[0110] 에어로졸 제트 프린터와 같은 비접촉 직접 쓰기 인쇄 기술은 10 μm만큼 작은 미세 특징부를 인쇄하는데 적합하지만, 일관된 인쇄된 미세 형상을 달성하기 위해 고도로 최적화된 기능성 잉크가 필요하다. 기능성 잉크는 점도 및 표면 에너지 제한으로 인해 하나 또는 매우 적은 수의 인쇄 기술과 매우 적은 수의 기관에 대해 개발 및 최적화될 수 있다. 다양한 인쇄 기술은 다양한 점도의 잉크를 사용한다. 따라서, 하나의 응용 분야에 최적화된 기능성 잉크를 인쇄된 선의 고정밀 해상도가 필요한 다른 응용 분야에 직접 사용될 수 없다.

[0111] 예를 들어, 50 μm 미만의 선 너비와 간격으로 연속 저항기와 절연체를 인쇄하는 것은, 두 가지 다른 기능 잉크를 사용할 때 매우 어렵다. 이 문제에 대한 최선의 해결책은, 주변 조건에서 외부 자극에 의해 절연체 상에서 전도상으로 전환될 수 있는 기능성 잉크를 개발하는 것이다. 바나듐 산화물과 같은 일부 재료의 절연체에서 금속으로의 전이는 이미 보고되었다. 산화바나듐은 작동 온도에 따라 절연성 상과 금속상 사이를 전환할 수 있다. 그러나, 규제되지 않은 주변 조건(실온, 예를 들면 5~40 °C, 대기압)에서 절연체에서 전도체 상으로 전환되는 기능성 잉크는 보고되지 않았다. 본 명세서의 양태는 주변 조건(또는 저온 경화)에서 절연체에서 전도체 상으로 전이하는 기능성 잉크를 포함한다. 예를 들어, 본 명세서의 양태는, 전도성(저항성) 및 비전도성 나노 입자로 구성된 복합체 나노 입자 필름(유전체 재료 층(270))에 전도성 경로를 생성하기 위해 전도성 나노 입자(입자(122))를 용융/소결하도록 레이저(또는 기타 적절한 열원)를 사용하는 것을 포함한다. 이것은 전도성 또

는 비전도성 나노 입자의 고유한 특성을 변경하지 않고 복합재 필름의 레이저 노출 영역의 3차원 물리적 형태를 변경한다. 이를 달성하기 위해, 본 명세서의 양태는 전도성 및 비전도성 나노 입자의 블렌드로 제형화된 신규한 기능성 잉크(혼합물(152))를 포함한다. 재료가 절연 상태에 있음을 보장하기 위해 레이저 소결 전에 필름(유전체 재료의 하나 이상의 층(270))에 전도성 경로가 형성되지 않지만; 열이 가해지는 레이저 소결 공정 동안, 전도성 나노 입자(122)는 입자 크기의 증가 및 전도성 나노 입자의 용융/리플로우로 인해 전도성 경로를 생성하고, 저항성/전도성 재료를 생성한다.

[0112] 따라서, 본 명세서의 양태는 다양한 장치의 적층 제조를 위한 새로운 은-바륨 스트론튬 티타네이트(Ag-BST) 복합재 나노 입자 잉크를 포함한다. 이 Ag-BST 복합재 나노 입자 잉크는 적층 제조를 위한 기존 저항 잉크로 사용될 수 있으며, 잉크는 디스펜싱 프린터용으로 테스트되었다. 완전히 열적으로 소결된 저항기는 -50 °C와 150 °C 사이에서 ± 8% 미만의 저항 변화를 보였다. 비제한적인 예로서, 이러한 인쇄된 저항기는 전자 장치 각각의 크기에 따라 최대 1와트 이상을 처리할 수 있다.

[0113] 2. 재료 및 방법

[0114] 2.1 재료 목록

[0115] 하나의 양태에서, 바륨 스트론튬 티타네이트(Ba_{0.67}Sr_{0.33}TiO₃ - 2부의 바륨 대 1부의 스트론튬 대 3부의 티타늄 대 6부의 산소의 비율) 나노 입자 및 수중 암모늄 폴리메타크릴레이트(상품명 - NanoSpense S)는 미국 뉴멕시코에 소재하는 TPL Inc.로부터 입수 가능하다. 에틸렌 글리콜(99%)은 미국 Fisher Scientific에서 입수 가능하다. 1-메톡시-2-프로판올(99.5%)은 미국 Sigma-Aldrich로부터 입수 가능하다. Paru MicroPE PG-007은 나노 입자 잉크(~ 63 중량%)는 한국의 Paru Co., Ltd.에서 입수 가능하다. Kapton 범용 폴리아미드 필름은 미국 DuPont에서 입수 가능하다.

[0116] 2.2 Ag-BST 잉크 제형 절차

[0117] 하나의 양태에서, 혼합물(152)(예를 들면, Ag-BST 혼합 잉크)은, 제어 시스템(140) 및 제조 리소스(148)을 통해, 맞춤형 제형화된 바륨 스트론튬 티타네이트(BST) 나노 입자 잉크(예를 들면, 혼합물 #1) 및 시판되는 PARU 은 나노 입자 잉크(예를 들면, 혼합물 #2)를 블렌딩함으로써 제형화했다. BST 나노 입자(50 중량%)를 에틸렌 글리콜에 첨가하고, 2 mm 마이크로 텅이 있는 QSONICA Q500 초음파 프로세서를 사용하여 펄스 모드(활성 = 15초, 비활성 = 59초)에서 8시간 동안 초음파 처리한다. 그 후, 물(~ 2 중량%) 중 암모늄 폴리메타크릴레이트를 분산제로 혼합물에 첨가하고, 펄스 모드(활성 = 5초, 비활성 = 59초)에서 추가로 30분 동안 초음파 처리하여, BST 슬러리를 만든다. 그 후, 에틸렌 글리콜(~49.8 중량%) 및 1-메톡시-2-프로판올(~12.7 중량%)을 BST 나노 입자 6 슬러리에 첨가하고, 혼합물을 400 rpm에서 밤새 자기 교반하여, 균질한 BST 나노 입자 잉크를 얻는다. 그 후, 상이한 양의 BST 나노 입자 잉크와 은 나노 입자 잉크를 블렌딩하고, 밤새 자기 교반하여, 은 나노 입자 로딩이 상이한 Ag-BST 잉크 제형을 얻는다.

[0118] 2.3 Ag-BST 잉크 인쇄 및 경화 절차

[0119] 추가 양태에 따르면, 프린터 장치(180)는 150 μm 텅을 갖는 Nordson 3축 자동 분배 시스템을 사용하여 혼합물(152)(예를 들면, Ag-BST 잉크)을 인쇄한다. 하나의 양태에서, 공기 압력은 주사기(액체 부피)로부터 혼합물(152)을 분배하기 위해 10 psi(제곱인치당 파운드)로 설정된다. 또 다른 예시적인 양태에서, 사용된 피치 크기는 이전에 인쇄된 라인의 중첩을 허용하는 큰 특징부의 래스터링 동안 100 μm이다.

[0120] 층의 두께를 조정하기 위해 인쇄 속도를 적절하게 변경했다. 하나의 양태에서, Kapton 폴리아미드 필름은 혼합물(152)을 인쇄하기 위한 기관(250)으로서 사용된다. 추가 예시적인 양태에 따르면, Ag-BST 저항기용 은 패드는 100 μm 텅이 있는 동일한 분배 시스템을 사용하여 인쇄했다. 은 패드는 은 패드들 사이에 Ag-BST 잉크를 인쇄하기 전에 3시간 동안 진공 오븐에서 250 °C에서 인쇄 및 경화되었다. 인쇄된 Ag-BST 특징부를 레이저 소결 전에 핫플레이트 상에서 30분 동안 80 °C에서 처음 경화했다.

[0121] 2.3 Ag-BST의 SLS

[0122] 기관(250) 상에서 제조된 혼합물(152)의 초기 경화 후, 대응하는 전자 장치(185)는 30분 동안 80 °C의 온도에 노출된다. 그 후, SLS는 실온에서 맞춤형 전도성 패턴을 제작할 수 있으며, 레이저 소결 파라미터를 변경하여 패턴의 저항을 조정할 수 있다. 하나의 양태에서, 레이저 재료는 Optomec AJ5X 에어로졸 제트 프린터에서 830 nm(나노미터) 연속파(CW) 레이저를 통해 레이저 소결된다. 대략적인 레이저 스폿 크기는 인화지를 사용하여 측

정한 직경이 약 70 μm 였다. 질소 가스는 레이저 소결 동안 은 나노 입자의 산화를 방지하기 위해 레이저의 차폐 가스로 사용된다.

[0123] 신호(231)(광 신호 또는 광 펄스와 같은 제조 신호, 대류 신호, 방사 신호 등)와 관련된 레이저 전력, 래스터링 피치 및 래스터링 속도는 저항 범위를 갖는 전자 장치를 생성하도록 조정될 수 있다. 또한, 레이저 스폿 크기가 2 μm 인 Heidelberg μPG 101 레이저 라이터의 405 nm 연속파(CW) 레이저를 사용하여, 고정밀 전도성 패턴을 선택적으로 레이저 소결하고, 레이저 출력과 래스터링 속도를 조정하여 다른 저항을 얻었다.

[0124] 2.4 특성화 기술

[0125] 추가의 예시적인 양태에 따르면, Agilent Cary 8454 UV/Vis/NIR 분광 광도계는 액체 잉크의 UV-Vis 흡수 측정을 위해 사용되었다. Keyence VHX-5000 디지털 현미경은 경화 후 균열의 초기 조사에 사용되었다. TA 기기 ARES-G2 레오미터를 사용하여 잉크의 점도를 측정했다. 잉크 샘플은 직경 400 mm, 0.04 rad 스테인리스강 원추 및 플레이트 형상으로 로딩되었다. 1 s⁻¹ 내지 100 s⁻¹의 흐름 스위프(Flow sweep)는 온도 제어를 위해 고급 펠티에 시스템을 사용하여 25 °C에서 기록되었다. 라만 산란 스펙트럼은 532 nm의 레이저, 2 mW의 전력, 1초의 통합 시간 및 2개의 공동 침가가 있는 라만 현미경(Senterra II; Bruker)을 사용하여 얻었고; 매핑은 적어도 10 μm 간격을 둔 격자 패턴에서 300 내지 330개의 스펙트럼을 획득하여 수행되었다. 저항기는 ERS 열 척(chuck)이 있는 MPI TS2000-SE 프로브 스테이션의 DC 바늘을 사용하여 프로브되었다. Keithley 4200 반도체 매개변수 분석기는 레이저 및 열적으로 소결된 Ag-BST 저항기에 대한 전류-전압 곡선을 기록하는데 사용되었다. 전압은 -1 V에서 +1 V로 스위프되었다. 저항은 전류 대 전압 라인의 기울기를 사용하여 계산되었다. 시트 저항은 Pro4-4400 4점 저항도 시스템(Four Point Resistivity System) (Signatone) 측정 시스템을 사용하여 측정되었다. 주사 전자 현미경 이미지는 5 keV에서 작동되는 Zeiss Auriga 초점 이온빔(Focused Ion Beam)-주사 전자 현미경(FIB-SEM)을 사용하여 얻었다. FIB 밀링에 30 kV 및 50 pA의 갈륨 액체 금속 이온 소스를 사용하여 인쇄된 특징부의 단면을 조사했다.

[0126] 3. 결과 및 분석

[0127] 3.1 Ag-BST 블렌딩된 잉크 제형

[0128] 추가의 예시적인 양태에 따르면, 혼합물(152)은 은-바륨 스트론튬 티타네이트(Ag-BST) 혼합 잉크이며, 인쇄된 Ag-BST 층을 은 나노 입자의 SLS에 의해 절연성 상에서 전도성 상으로 전환할 수 있다. SLS는 초기 경화(절연성 상) Ag-BST 층에 맞춤형 전도성 패턴을 만드는데 사용될 수 있다. Ag와 BST는 다음과 같은 이유로 전도성 및 비전도성 후보 물질로 확인되었다. 은은 벌크 재료 중 전도도가 가장 높으며, Ag 나노 입자는 인쇄 전자 제품의 전도성 잉크에 널리 사용된다. 또한, 은 나노 입자는 용점 저하 및 레이저, 광자 및 화학적 소결과 같은 소결 기술과의 호환성으로 인해 더 낮은 온도에서 소결될 수 있다. 바륨 스트론튬 티타네이트는 RF 및 마이크로파 애플리케이션에 적합한 유전체 특성(고유전상수 및 저손실 탄젠트), 높은 용점(1000 °C 이상), 높은 유전 파괴 전압 및 은 나노 입자와 최소 상호 작용으로 인해 비전도성 재료로 사용되었다. 절연성 상에서 Ag-BST의 유전 특성을 조사하는 것은 이 작업의 범위에 속하지 않지만, BST의 유전 특성은 Ag-BST에서 선택적 레이저 소결 RF 및 마이크로파 장치를 제작하는데 유용할 것이다.

[0129] 본 명세서의 양태는 전도성 재료(입자(122))와 비전도성 재료(입자(121))의 정확한 블렌딩 비율을 정정하여, 경화된 재료(유전체 재료의 층(270))가 이의 초기 경화 후에 절연되도록 보증한다. 유전체 재료 층(270)의 부분은 충분한 열을 가한 후에 전도성이 있다.

[0130] 하나의 양태에서, 정확한 블렌딩 비율을 찾기 위해, 일련의 블렌딩된 Ag-BST 잉크 샘플을 준비했다. 도 3의 표(300)는 초기 경화 및 열 소결 후 잉크의 조건과 함께 5가지 Ag-BST 잉크의 혼합 조성을 보여준다. 열 소결 후 은과 BST 나노 입자의 조성은 보충 정보에서 찾을 수 있다. BST의 양은 초기 경화 후 인쇄된 샘플의 절연 단계가 달성될 때까지, 혼합 잉크 샘플에서 증가되었다. 디스펜싱 프린터를 사용하여 각 잉크 샘플의 10 x 10mm 특징부를 Kapton 기판에 인쇄한 다음 80 °C에서 30분 동안 초기 경화를 수행했다. 잉크 1 및 2는 초기 경화 후 전도성을 나타내고, 잉크 3, 4 및 5는 초기 경화 절차 후에 절연성 상을 나타낸다. 그 후, 각 Ag-BST 잉크 샘플의 최종 저항률을 찾기 위해 진공 오븐에서 250 °C에서 3시간 동안 열 소결을 수행했다.

[0131] 도 3의 vy(300)에 대해서, 잉크(1) 및 (2)는 열 소결 후 저항률의 감소를 나타냈다(데이터는 나타나지 않음). 잉크(3)는 열 소결 완료 후 절연체 상에서 전도성 상으로 전환되었다. 잉크(3)은 순은 잉크에 비해 약 329배 더 높은 저항을 보여주므로; 따라서, 저항을 인쇄하기 위해 기존의 저항성 잉크로 사용될 수 있다. 잉크(4) 및 (5)는 열 소결 후에도 어떤 전도성을 나타내지 않았다. 잉크(4) 및 (5)는 소결 과정 중에 전도성 경로를 생성하

기에 충분한 은 나노 입자가 없는 것으로 추론되었다. 따라서, 잉크(3)의 블렌딩 비율(예를 들면, 혼합물(152))은 Ag-BST 절연체 대 전도체 변환에 대한 최적화된 비율로 결론지었고, 모든 추가 실험은 Ag-BST 잉크 (3)로 수행되었다. 절연성 상에서 전도성 상으로의 전환을 나타내는 Ag-BST 잉크는 약 67%(+/- 5%)의 BST 나노 입자 잉크와 33%(+/- 5%)의 은 나노 입자 잉크로 구성된다.

[0132] 하나의 양태에서, 혼합물(152)의 동적 점도는 시험된 전단 속도에 걸쳐 비교적 일정했으며, 이는 블렌딩된 잉크가 큰 덩어리진 나노 입자 클러스터 없이 안정함을 나타낸다. 더 큰 덩어리진 나노클러스터는 인쇄 품질을 저하시키고, 접착력을 감소시키며, 결과적으로 높은 표면 거칠기를 초래한다. 은 잉크, BST 잉크 및 Ag-BST 잉크에 대한 UV 가시 흡수 스펙트럼은 보충 정보에서 볼 수 있다. Ag-BST 잉크의 최대 흡수는 약 430 nm에 위치하며, 은 나노 입자의 표면 플라즈몬 공명 주파수에 할당될 수 있다.

[0133] 3.2 Ag-BST 혼합 잉크의 SLS

[0134] SLS는 3D 물체를 만들기 위해 고출력 레이저를 사용하여 분말 재료를 소결/용융하는 적층 제조에서 일반적으로 사용되는 기술이다. 그러나, 본 명세서의 양태에 따르면, SLS는 Ag-BST 절연 필름 상에 전도성 패턴을 생성하기 위해 사용되었다. 디스펜싱, 스핀 코팅 및 닥터 블레이딩을 사용하여, Ag-BST 블렌딩된 잉크를 적층할 수 있으며, 이 작업을 위한 모든 Ag-BST 필름은 Nordson 자동 디스펜싱 시스템을 사용하여 인쇄되었다. 인쇄된 Ag-BST 습윤 필름은 용매 및 기타 잉크 첨가제를 증발시키기 위해 80 °C에서 30분 동안 경화되었다. 분리된 은 나노 입자가 균일하게 분포되어 있어, 초기 경화 후 전도성이 관찰되지 않아, 잉크의 절연성 상을 확인할 수 있었다. 그 후, 이 절연 Ag-BST 필름을 프로그래밍 가능한 레이저에 노출시켜 패턴링했다.

[0135] 본 명세서에 기술된 제한된 소결 메커니즘(예를 들면, 열 적용)에 따르면, 은 나노 입자(입자(122))는 레이저 열 노출 하에서 소결되고, 입자(122)의 입자 크기 증가 및 용융된 입자(122)(예를 들면, 은 나노 입자)의 리플로우로 인해 전도성 경로를 생성한다. 레이저 소결에 따른 표면 형태 변화를 도 6에 나타내었다. 그러나, BST 나노 입자(입자(122))는 높은 용점과 높은 밴드갭으로 인해 변경되지 않은 상태로 유지된다.

[0136] 하나의 양태에서, 선택적인 레이저 소결 저항기는 저항을 측정하기 위해 저항기를 조사하는데 사용된 2개의 은 인쇄된 접촉 패드들 사이에 제조된다. 선택적 레이저 소결 저항기는 Ag 나노 입자의 소결로 인한 색상 변화로 인해 명확하게 보인다. 레이저 소결 입자(122)(예를 들면, Ag-BST)의 저항은 파장, 전력, 래스터링 속도 및 래스터링 피치와 같은 레이저 소결 매개변수에 따라 달라진다. 본 명세서의 양태는 Optomec AJ5X 에어로졸 제트 프린터에서 830 nm 내장 연속파(CW) 레이저의 사용을 포함한다. 또한, Heidelberg μ PG 101 레이저 라이터의 405nm CW 레이저를 사용하여 유전체 재료 층(270)을 레이저 소결할 수 있다. 도 4는 하기에 더 논의되는 바와 같이 유전체 재료(270)의 인쇄된 층 상의 전도성 경로의 생성을 예시하는 예시적인 도면이다.

[0137] Raman 스펙트럼은 Ag-BST 저항기의 소결 메커니즘을 조사하는데 사용되었다. 표면 강화 라만 산란(SERS)은 일부 금속 나노구조의 표면에서 발생하며, 표면 플라즈몬의 국부적 여기로 인해 발생한다. 이 기술은 은 나노 입자의 표면 상에 위치한 낮은 농도의 유기 분자를 검출시킨다. SERS는 Ag-BST 필름의 레이저 소결 표면을 평가하는데 사용되었다. 초기 조사는, 레이저에 노출되지 않은 영역은 잔류 유기 분자와 관련된 피크가 있는 라만 스펙트럼을 생성했다. 피크는 각 스펙트럼에 따라 다르므로, 잔류 유기 분자의 조성을 식별하는데 사용되지 않았다. 도 4에 따르면, 1000~1800 cm^{-1} 사이에 위치한 평균 비결정질 탄소 피크를 적분하여 3개의 주요 영역(비-레이저-소결된, 전이, 및 레이저-소결된)을 식별했다. 이는 레이저 소결 영역의 열 확산으로 인한 유기 분자의 불완전 분해 때문일 수 있다. 레이저 소결된 영역은 유기 잔류물의 분해를 나타내는 비결정질 탄소와 관련된 상당한 양의 산란을 나타내지 않았지만; 라만 산란과 관련된 피크가 없는 것이 유기 화합물의 완전한 제거 때문인지 또는 입자 소결 및 확대에 의한 향상 인자의 감소 때문인지는 분명하지 않다.

[0138] Optomec AJ5X 에어로졸 제트 프린터에 내장된 830 nm CW 레이저 이외에도, Heidelberg μ PG 101 레이저 라이터의 405 nm CW 레이저를 사용하여 미세한 특징부를 레이저 소결했다. 도 5a는 프로빙용 레이저 소결 접촉 패드가 있는 레이저 소결 Ag-BST 저항기를 보여준다. 저항은 12.1 k Ω (길이 6mm)를 나타내었고, 선포는 약 25 μm 였다. 선포는 5개의 레이저 소결 저항기 모두에 대해 일관되어, 레이저 소결이 정밀한 미세 특징부를 생성할 수 있음을 확인했다. 또한, 인쇄된 저항기에 비해 더 깨끗한 에지(낮은 에지 조도)가 관측되었다. 레이저 소결 저항기의 에지의 SEM 이미지에 대한 추가 정보(ESI 도 S12)를 참조한다. 도 5b 및 5c의 SEM 이미지는 레이저 소결 전후의 Ag-BST 필름의 표면 형태를 보여준다. Ag 나노 입자의 입자 크기 증가는 레이저 소결 후에 관측될 수 있으며, 입자의 일부는 직경이 1 μm 이상이다. Ag 나노 입자의 효율적인 소결은 Ag 나노 입자의 국부적 플라즈몬 가열 효과에 기인할 수 있다. Ag-BST는 Ag 나노 입자의 표면 플라즈몬 공명으로 인해 430 nm 부근에서 넓은 피크로 최대 흡수를 나타낸다. 이 넓은 피크는 405 nm 레이저와 편리하게 공명하여, 국소 가열을 생성하고, Ag 나

노 입자의 효율적인 소결을 유도한다. Ag 나노 입자의 최대 흡수 파장에서 멀리 떨어진 레이저는 국부 플라즈몬 가열이 없기 때문에 소결에 더 높은 전력을 사용해야 한다.

- [0139] 3.3 열적으로 소결된 Ag-BST 저항기
- [0140] SLS로 전도성 트레이스를 패터닝하는 것 이외에도, Ag-BST 블렌딩된 잉크는 적층 제조/인쇄 전자 제품을 위한 기존 저항 잉크로 사용될 수 있다. 이 Ag-BST 블렌딩된 잉크는 Nordson 자동 디스펜스 프린터에 최적화되어 있으며, 선폭이 100 μm 이상인 저항성 특징부를 인쇄하는데 적합하다. 라인 저항기는 열적으로 소결된 저항기의 온도 안정성을 시험하기 위해 프로빙을 위해 은 패드로 인쇄되었다. 인쇄된 저항기는 상자 오븐에서 진공 하에 3시간 동안 250 °C에서 열적으로 소결했다.
- [0141] 또 다른 예시적인 양태에서, 경화 전 Ag-BST13의 혼합물(152)의 성분:
- [0142] 1. 은 나노 입자 = 21중량%
- [0143] 2. BST 나노 입자 = 12.5 중량%
- [0144] 3. 에틸렌 글리콜 = 51 중량%
- [0145] 4. 1-메톡시-2-프로판올 = 15.5 중량%
- [0146] 에틸렌 글리콜 및 1-메톡시-2-프로판올이 혼합물(152)로부터 증발되는 경화 후의 Ag-BST13(즉, 유전체 재료(270))의 성분은 다음과 같다:
- [0147] 1. 은(금속) 나노 입자 = 중량 기준 62.5%(또는 55%~70% 범위)
- [0148] 2. BST 나노 입자 = 37.5%(또는 30%~45% 범위) 중량
- [0149] 하나의 양태에서, 앞서 논의된 바와 같이, 에틸렌 글리콜 및 1-메톡시-2-프로판올은, 유전체 재료(270)의 나머지 층이 금속 입자 및 절연체 입자의 고체 화합물이 되도록 경화 공정 동안 증발된다.
- [0150] 도 4는 본 명세서의 양태에 따른 유전체 재료의 전도성 경로로의 전환을 예시하는 예시적인 도면이다.
- [0151] 이 예시적인 양태에서, 제조기(240)는 노드(221)와 노드(222) 사이에 각각의 저항기(장치(210))를 제조한다. 이전에 논의된 바와 같이, 제조기(240)는 기관(250) 위에 유전체 재료(270)를 배치한다. 경화 후, 제조기(240)는 유전체 재료의 층(270)에 인가된 신호(231)(예를 들면, 광학 신호, 대류 신호 등)를 생성하기 위해 소스(230)(레이저와 같은)를 제어한다. 유전체 재료(270)의 층은 절연체 입자(121)(입자(122)와 인터레이스됨)가 일반적으로 입자(122)가 노드(221)와 노드(222) 사이에 각각의 낮은 저항 경로를 형성하는 것을 방지하는 영역(250-1)(경화된 혼합물(152))을 포함한다.
- [0152] 신호(231)(예를 들면, 405 나노미터, 830 나노미터 등과 같은 임의의 적절한 파장에서 광학 또는 레이저 신호)의 적용을 통해, 제조기(250)는 유전체 재료(270)를 각각의 전도성 경로(260)로 변환시킨다. 영역(250-2)에 도시된 바와 같이, 유전체 재료는 (금속) 입자(122)가 서로 순차적으로 접촉하여 낮은 임피던스 경로를 형성함으로써 전도성 경로(260)로 변환된다. 이전에 논의된 바와 같이, 신호(231)의 적용은 리플로우/소결 뿐만 아니라, 입자(122)의 연결을 야기한다. 하나의 양태에서, 입자(122)는 네킹(necking), 소결(sintering) 등을 통해 서로 접촉한다.
- [0153] 도 5는 본 명세서의 양태에 따른 인쇄된 유전체 재료의 경화와 관련된 예시적인 그래프이다.
- [0154] 도시된 바와 같이, 혼합물(152)의 중량은 경화 동안 열에 노출됨에 따라 변한다. 예를 들면, 혼합물(152)을 섭씨 20도 초과 150도 미만의 온도에 노출시키면, 1-메톡시 2-프로판올 및 에틸렌 글리콜이 혼합물(152)로부터 증발된다. 섭씨 100 내지 200도 사이에서, 직경 재료(270)의 층과 관련된 계면활성제의 양이 감소된다.
- [0155] 도 6은 본 명세서의 양태에 따른 소결된 유전체 재료 대 소결되지 않은 유전체 재료를 도시하는 예시적인 사진이다.
- [0156] 이전에 논의된 바와 같이, 제조기는 경화된 혼합물(유전체 재료의 층)의 일부에 열을 가하여, 유전체 재료(270)에 전도성 경로(260)를 생성한다.
- [0157] 도 7은 본 명세서의 양태들에 따라 상이한 저항기 값들을 형성하는 유전체 재료에서 전도성 경로들의 상이한 폭의 제조를 예시하는 예시적인 도면이다.

- [0158] 이 예시적인 양태에서, 제조기(240)는 노드(721-1)와 노드(722-1) 사이에 제1 레이저 빔(x축 및 y축에 직교하는)의 적용을 통해 Y-축을 따라 유전체 재료(270)에 전도성 경로(260-1)를 포함하도록 전자 장치(185-1)(예를 들면, 저항기 R1)를 제조한다. x축에서 측정된 전도성 경로(260-1)의 폭은 전자 장치(185-1)(저항기 R1)의 저항을 지시한다.
- [0159] 제조기(240)는 노드(721-2)와 노드(722-2) 사이에 제2 레이저 빔(x축 및 y축에 직교하는)의 적용을 통해 Y-축을 따라 유전체 재료(270)에 전도성 경로(260-2)를 포함하도록 전자 장치(185-2)(예를 들면, 저항기 R2)를 제조한다. x축에서 측정된 전도성 경로(260-2)의 폭은 전자 장치(185-1)(저항기 R2)의 저항을 지시한다.
- [0160] 제조기(240)는 노드(721-3)와 노드(722-3) 사이에 제2 레이저 빔(x축 및 y에 직교하는)의 적용을 통해 Y축을 따라 유전체 재료(270)에 전도성 경로(260-3)를 포함하도록 전자 장치(185-3)(예를 들면, 저항기 R3)를 제조한다. x축에서 측정된 전도성 경로(260-3)의 폭은 전자 장치(185-3)(저항기 R3)의 저항을 지시한다.
- [0161] 이 예시적인 양태에서, 전도성 경로들(260) 각각은 z-축에서 동일한 깊이라고 가정한다. 이러한 경우에, (전기적으로) 전도성 경로(260)가 넓을수록, 저항이 낮아진다. 예를 들면, 저항기 R3의 크기는 저항기 R2의 크기보다 작고; 저항기 R2의 크기는 저항기 R1의 크기보다 작다.
- [0162] 본 명세서에서 추가로 논의되는 바와 같이, 유전체 재료 층(270)에 제조된 각각의 전도성 경로의 깊이는 도 8, 9, 및 10.에 도시된 바와 같이 신호(231-1)와 관련된 열의 양에 따라 변할 수 있다.
- [0163] 보다 구체적으로, 도 8은 본 명세서의 양태에 따른 제1 깊이에서 대응하는 전도성 경로의 제조를 초래하는 유전체 재료의 층에 제1 크기의 열을 가하는 것을 예시하는 예시적인 도면이다.
- [0164] 이 예시적인 양태에 도시된 바와 같이, 제조기(240)는 전력 레벨(P1)에서 신호(231-1)를 전자 장치(185-4)의 기관(850) 상의 유전체 재료(270)에 가하는 소스(230)를 제어한다. 신호(231-1)의 적용은 깊이 D1을 갖는 전도성 경로(860)의 생성을 초래한다. 유전체 재료(270)의 전도성 경로가 깊을수록, 저항이 낮아진다.
- [0165] 도 9는 본 명세서의 양태에 따른 제2 깊이에서 대응하는 전도성 경로의 제조를 초래하는 유전체 재료 층에 제2 크기의 열을 가하는 것을 예시하는 예시적인 도면이다.
- [0166] 이 예시적인 양태에 도시된 바와 같이, 제조기(240)는 전력 레벨 P2에서 신호(231-2)를 전자 장치(185-4)의 기관(950) 상의 유전체 재료(270)에 가하는 소스(230)를 제어한다. 신호(231-1)의 적용은 깊이 D1을 갖는 전도성 경로(960)를 생성시킨다. 유전체 재료(270)의 전도성 경로가 깊을수록, 저항이 낮아진다. 따라서, 전도성 경로(960)의 저항은 전도성 경로(860)의 저항보다 작다.
- [0167] 도 10은 본 명세서의 양태에 따른 제3 깊이에서 대응하는 전도성 경로의 제조를 초래하는 유전체 재료의 층에 제3 크기의 열을 가하는 것을 예시하는 예시적인 도면이다.
- [0168] 이 예시적인 양태에 도시된 바와 같이, 제조기(240)는 전력 레벨(P3)에서 신호(231-3)를 전자 장치(185-4)의 기관(850) 상의 유전체 재료(270)에 가하는 소스(230)를 제어한다. 신호(231-1)의 적용은 깊이 D1을 갖는 전도성 경로(860)의 생성을 초래한다. 유전체 재료(270)의 전도성 경로가 깊을수록, 저항이 낮아진다. 따라서, 전도성 경로(1060)의 저항은 전도성 경로(960)의 저항보다 작다.
- [0169] 도 11A, 11B, 12A, 12B, 13A 및 13B의 조합은 본 명세서의 양태에 따른 각각의 전자 장치의 3차원 제조를 나타낸다.
- [0170] 도 11a는 본 명세서의 양태에 따른 기관 상의 유전체 재료의 제1 층의 적층을 예시하는 예시적인 도면이다.
- [0171] 도 11a에 도시된 바와 같이, 제조 시스템(155)은 이전에 논의된 방식으로 기관(250) 상에 유전체 재료(270) 층(일명, 층 #1)을 적용 및 경화시킨다.
- [0172] 도 11b는 본 명세서의 양태에 따른 제1 유전체 재료 층에 대한 제1 열을 가함 및 제1 전도성 경로들의 제조를 예시하는 예시적인 도면이다.
- [0173] 도 11b에 도시된 바와 같이, 제조기(240)는 전도성 경로(1160) 및 전도성 경로(1161)(예를 들면, 비아)를 생성하기 위해, 층 #1의 유전체 재료(270)에 신호(231-1)를 가한다. 하나의 양태에서, 충분한 열을 가함으로써, 전도성 경로(1161)는 층 #1의 상부 표면과 층 #1의 하부 표면 사이에서 연장된다. 따라서, 전도성 경로(1161)는 층들 간의 연결을 제공한다.
- [0174] 도 12a는 본 명세서의 양태에 따른 유전체 재료의 제1 층 위에 유전체 재료의 제2 층의 적층을 예시하는 예시적

인 도면이다.

- [0175] 도 12a에 도시된 바와 같이, 제조 시스템(155)은 층 #1 상에 유전체 재료(270)의 제2 층(일명, 층 #2)을 적용 및 경화시킨다(열에 대한 노출을 통해).
- [0176] 도 12b는 본 명세서의 양태에 따른 제2 유전체 재료 층에 대한 제2 열을 가함 및 제2 전도성 경로들의 제조를 예시하는 예시적인 도면이다.
- [0177] 도 12b에 도시된 바와 같이, 제조기(240)는 전도성 경로(1260)(예를 들면, 비아) 및 전도성 경로(1261)를 생성하기 위해, 층 #2의 유전체 재료(270)에 신호(231-1)를 가한다. 하나의 양태에서, 충분한 열을 가함으로써, 전도성 경로(1260)는 층 #2의 상부 표면과 층 #2의 하부 표면 사이에서 전도성 경로(1160)까지 연장시킨다.
- [0178] 도 13a는 본 명세서의 양태에 따른 기판 상의 유전체 재료의 제3 층의 적층을 예시하는 예시적인 도면이다.
- [0179] 도 13a에 도시된 바와 같이, 제조 시스템(155)은 유전체 재료(270)의 층 #2 상에 유전체 재료(270)의 제3 층(일명, 층 #3)을 적용 및 경화시킨다.
- [0180] 도 13b는 본 명세서의 양태에 따른 제3 유전체 재료 층에 대한 제3 열을 가함 및 제3 전도성 경로들의 제조를 예시하는 예시적인 도면이다.
- [0181] 도 13b에 도시된 바와 같이, 제조기(240)는 전도성 경로(1360)(예를 들면, 비아) 및 전도성 경로(1361)를 생성하기 위해 층 #3의 유전체 재료(270)에 신호(231-1)를 가한다. 하나의 양태에서, 충분한 열을 가함으로써, 전도성 경로(1360)는 층 #3의 상부 표면과 층 #3의 하부 표면 사이에서 전도성 경로(1261)까지 연장된다.
- [0182] 도 14는 본 발명의 양태들에 따른 전자 장치를 나타내는 예시적인 3D 도면이다.
- [0183] 이 예시적인 양태에서, 유전체 재료의 층이 기판(1450)의 표면 상에 적층된다(예를 들어, 가요성 또는 강성인 절연체 재료). 제조기는 유전체 재료 층에 열을 가하여, 전도체(1411)(전자 장치(185-10)의 제1 전극) 및 전도체(1412)(전자 장치(185-10)의 제2 전극)를 생성한다. 유전체 재료(1421)는 전도체(1411)와 전도체(1412) 사이에 배치된다.
- [0184] 도 15는 본 명세서의 양태에 따른 전자 장치(185-10)(예를 들면, 원통형 커패시터)의 예시적인 측면도이다.
- [0185] 도 16은 본 명세서의 양태에 따라 이전에 논의된 바와 같은 임의의 동작을 구현하기 위한 컴퓨터 시스템의 예시적인 블록도이다.
- [0186] 본 명세서에서 논의된 임의의 리소스(예를 들면, 이동 통신 장치, 무선 액세스 포인트, 무선 스테이션, 무선 기지국, 통신 관리 리소스, 대역폭 관리 리소스 등)는 본 명세서에서 논의된 상이한 작업을 수행하기 위해 컴퓨터 프로세서 하드웨어 및/또는 대응하는 실행 가능한 명령어를 포함하도록 구성될 수 있다.
- [0187] 도시된 바와 같이, 본 실시예의 컴퓨터 시스템(1650)은 비일시적 유형의 매체(디지털 정보가 저장 및 검색될 수 있는 임의의 적합한 유형의 하드웨어 저장 매체일 수 있음), 프로세서(1613)(컴퓨터 프로세서 하드웨어), I/O 인터페이스(1614), 및 통신 인터페이스(1617)와 같은 컴퓨터 관독 가능 저장 매체(1612)를 연결하는 상호 연결(1611)을 포함한다.
- [0188] I/O 인터페이스(들)(1614)는 저장소(1680) 및 입력 리소스(1692)에 대한 연결을 지원한다.
- [0189] 컴퓨터 관독 가능 저장 매체(1612)는 메모리, 광학 저장 장치, 하드 드라이브, 플로피 디스크 등과 같은 임의의 하드웨어 저장 장치일 수 있다. 하나의 양태에서, 컴퓨터 관독 가능 저장 매체(1612)는 명령어 및/또는 데이터를 저장한다.
- [0190] 도시된 바와 같이, 컴퓨터 관독 가능 저장 매체(1612)는 본 명세서에서 논의된 바와 같은 임의의 동작을 수행하기 위해 관리 애플리케이션(140-1)(예를 들어, 명령어를 포함함)으로 인코딩될 수 있다.
- [0191] 하나의 양태의 동작 동안, 프로세서(1613)는 컴퓨터 관독 가능 저장 매체(1612)에 저장된 관리 애플리케이션(140-1)의 명령을 시작, 구동, 실행, 해석 또는 그렇지 않으면 수행하기 위해 상호 연결(1611)의 사용을 통해 컴퓨터 관독 가능 저장 매체(1612)에 액세스한다. 관리 애플리케이션(140-1)의 실행은 관리 프로세스(140-2)를 생성하여, 본 명세서에 논의된 바와 같은 임의의 제조 작업 및/또는 프로세스를 수행한다.
- [0192] 당업자는, 컴퓨터 시스템(1650)이 관리 애플리케이션(140-1)을 실행하기 위해 하드웨어 리소스의 할당 및 사용을 제어하는 운영 체제와 같은 다른 프로세스 및/또는 소프트웨어 및 하드웨어 구성요소를 포함할 수 있다는 것

을 이해할 것이다.

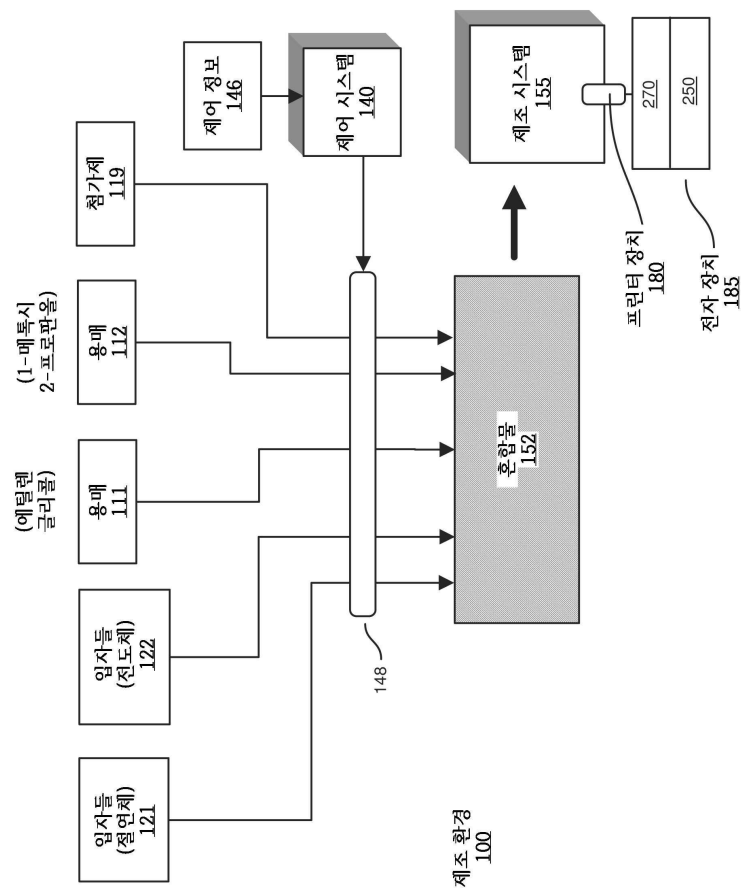
- [0193] 다른 양태에 따르면, 컴퓨터 시스템은 모바일 컴퓨터, 개인용 컴퓨터 시스템, 무선 스테이션, 연결 관리 리소스, 무선 장치, 무선 액세스 포인트, 기지국, 전화 장치, 데스크톱 컴퓨터, 랩탑, 노트북, 넷북 컴퓨터, 메인프레임 컴퓨터 시스템, 휴대용 컴퓨터, 워크스테이션, 네트워크 컴퓨터, 응용 프로그램 서버, 저장 장치, 소비자 전자 장치, 예를 들면, 카메라, 캠코더, 셋톱 상자, 모바일 장치, 비디오 게임 콘솔, 휴대용 비디오 게임 장치, 스위치, 모뎀, 라우터, 셋톱 박스와 같은 주변 장치, 콘텐츠 관리 장치, 휴대용 원격 제어 장치, 모든 유형의 컴퓨팅 또는 전자 장치 등을 포함하지만, 이에 국한되지 않는, 다양한 유형의 장치에 상주할 수 있다. 컴퓨터 시스템(1650)은 임의의 위치에 상주할 수 있거나, 임의의 네트워크 환경에서 임의의 적절한 리소스에 포함될 수 있어, 본 명세서에서 논의된 바와 같은 기능을 구현한다.
- [0194] 상이한 리소스에 의해 지원되는 기능은 이제 도 17, 18, 및 19의 흐름도를 통해 논의될 것이다. 아래 순서도의 단계는 임의의 적절한 순서로 실행될 수 있다.
- [0195] 도 17은 본 명세서의 양태에 따른 방법을 예시하는 예시적인 도면이다.
- [0196] 처리 동작(1710)에서, 제어 시스템(140)은 절연체 재료와 같은 제1 입자(121)를 수용한다.
- [0197] 처리 동작(1720)에서, 제어 시스템(140)은 전기 전도성 금속 재료와 같은 제2 입자(122)를 수용한다.
- [0198] 처리 동작(1730)에서, 제어 시스템(140)은 제1 입자(121)와 제2 입자(122)의 조합을 인쇄 가능한 재료(혼합물(152)와 같은)에 현탁시키고, 여기서 인쇄 가능한 재료의 경화된 상태는 임계값 초과 열을 가함으로써 전기 전도성 재료로 변형 가능하다.
- [0199] 도 18은 본 명세서의 양태에 따른 방법을 예시하는 예시적인 도면이다.
- [0200] 처리 동작(1810)에서, 제조 시스템(155)은 인쇄 가능한 재료(혼합물(152))를 기관(250)에 적용한다. 인쇄 가능한 재료(혼합물(152))는 인쇄 가능한 재료에 현탁된 제1 입자(121) 및 제2 입자(122)를 포함한다. 하나의 양태에서, 제1 입자(121)는 절연체 재료이고; 제2 입자는 전기 전도성 금속 재료이다.
- [0201] 처리 동작(1820)에서, 제조 시스템(155)은 기관(250) 상의 인쇄 가능한 재료(유전체 재료(270))를 경화시킨다. 경화된 인쇄 가능한 재료(유전체 재료(270)) 내의 제2 입자(122)는 임계값을 초과하는 열을 가함으로써 하나 이상의 전기 전도성 경로로 변형 가능하다.
- [0202] 도 19는 본 명세서의 양태에 따른 방법을 예시하는 예시적인 도면이다.
- [0203] 프로세싱 동작(1910)에서, 제조기(240)는 기관(250)을 수용한다. 유전체 재료(270)의 제1 층은 기관(250)의 표면(420) 상에 배치된다. 유전체 재료의 제1 층(270)은 유전체 재료의 제1 층(270)에 현탁된 제1 입자(121) 및 제2 입자(122)를 포함한다. 이전에 논의된 바와 같이, 하나의 양태에서, 제1 입자(121)는 절연체 재료로 제조되고; 제2 입자(122)는 전기 전도성 재료(122)로 제조된다.
- [0204] 프로세싱 동작(1920)에서, 소스(230)의 제어를 통해, 제조기(140)는 유전체 재료(270)의 제1 층의 영역(250-2)에 열을 가한다. (예를 들어 신호(231)를 통한) 열을 가하는 것은 영역(250-2)의 유전체 재료(270)을 전기 전도성 경로(260)로 변형시킨다.
- [0205] 본 명세서의 기술은 유전체 재료 잉크의 제조 및 사용을 용이하게 하는데 매우 적합하다는 것을 다시 유의한다. 그러나, 본 명세서의 양태는 그러한 응용 분야의 사용으로 제한되지 않으며, 본 명세서에서 논의된 기술은 다른 응용 분야에도 매우 적합하다는 점에 유의해야 한다.
- [0206] 본 명세서에 기재된 설명에 기초하여, 청구된 주제에 대한 철저한 이해를 제공하기 위해 다수의 특정 세부사항이 제시되었다. 그러나, 청구된 주제가 이러한 특정 세부사항 없이 실시될 수 있다는 것이 당업자에 의해 이해될 것이다. 다른 예에서, 당업자에게 알려진 방법, 장치, 시스템 등은 청구된 주제를 모호하게 하지 않도록 상세하게 설명되지 않았다. 상세한 설명의 일부는 컴퓨터 메모리와 같은 컴퓨팅 시스템 메모리 내에 저장된 데이터 비트 또는 이진 디지털 신호에 대한 연산의 알고리즘 또는 기호 표현의 관점에서 제시되었다. 이러한 알고리즘 설명 또는 표현은 데이터 처리 분야의 당업자가 작업의 내용을 해당 기술 분야의 다른 사람에게 전달하기 위해 사용하는 기술의 예이다. 본 명세서에 그리고 일반적으로 설명된 알고리즘은 목적하는 결과로 이어지는 자체 일관된 동작 서열 또는 유사한 처리로 간주된다. 이러한 맥락에서 작업 또는 처리에는 물리량의 물리적 조작을 포함한다. 일반적으로, 반드시 그런 것은 아니지만, 이러한 양은 저장, 전송, 결합, 비교 또는 달리 조작될 수 있는 전기 또는 자기 신호의 형태를 취할 수 있다. 주로 일반적인 사용을 위해, 비트, 데이터, 값,

요소, 기호, 문자, 용어, 수, 숫자 등과 같은 신호를 참조하는 것이 때때로 편리하다. 그러나, 이러한 모든 용어 및 유사한 용어는 적절한 물리량과 관련되어야 하며, 단지 편리한 라벨일 뿐이라는 것을 이해해야 한다. 달리 구체적으로 언급되지 않는 한, 다음 논의에서 명백한 바와 같이, 본 명세서 전반에 걸쳐 "처리", "컴퓨팅", "계산", "결정" 등과 같은 용어를 사용하는 논의는, 메모리, 레지스터 또는 컴퓨팅 플랫폼의 기타 정보 저장 장치, 전송 장치 또는 디스플레이 장치 내에서 물리적 전자 또는 자기량으로 표시되는 데이터를 조작하거나 변형하는 컴퓨터 또는 이와 유사한 전자 컴퓨팅 장치와 같은 컴퓨팅 플랫폼의 동작 또는 프로세스를 말하는 것으로 이해된다.

[0207] 본 발명은 이의 바람직한 양태에 대해 특정하게 나타내고 기재하였지만, 이러한 형태 및 세부사항에서의 많은 변화가 첨부된 청구범위에 의해 정의된 바와 같은 본 발명의 본질 및 범위로부터 벗어남이 없이 본 명세서에서 제조될 수도 있음을, 본 분야의 통상의 기술자는 이해할 것이다. 이러한 변형은 본 출원의 범위를 포함하도록 의도된다. 이와 같이, 본 출원의 양태들에 대한 기술한 설명은 제한하려는 의도가 아니다. 오히려, 본 발명에 대한 임의의 제한은 다음 청구범위에 제시되어 있다.

도면

도면1



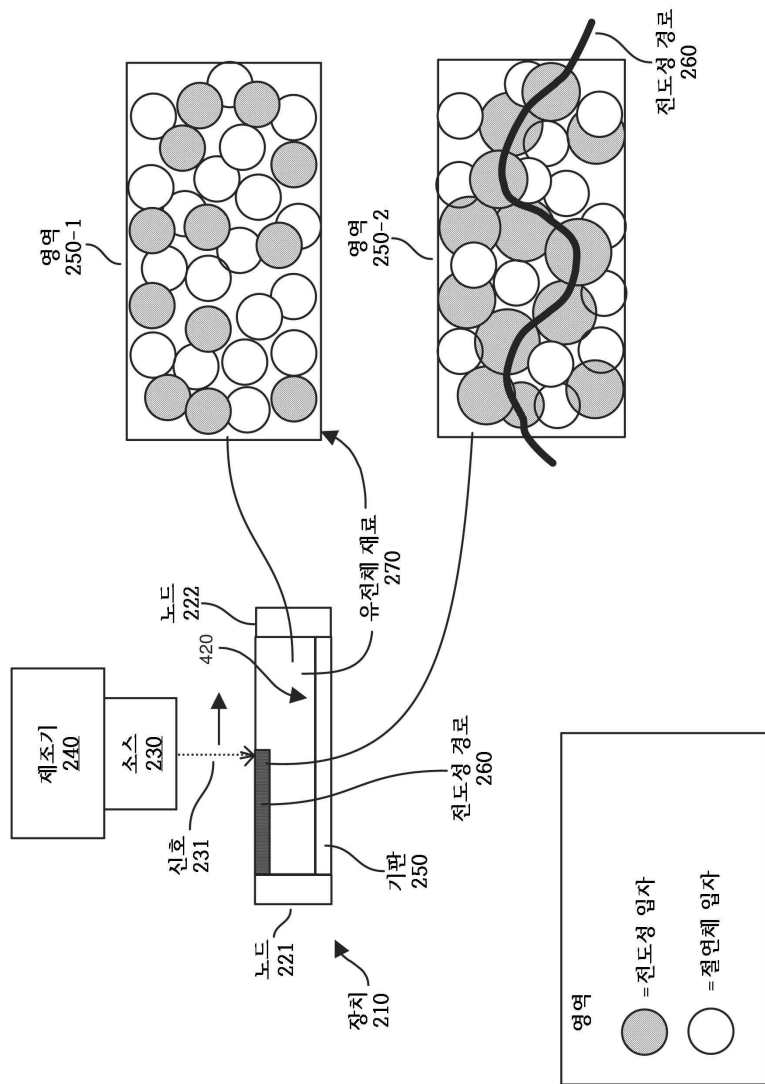
제어 정보 146		최종 액체 혼합물 #1 퍼센트	최종 액체 혼합물 #2 퍼센트	최종 액체 혼합물 퍼센트	최종 경화된 유진체 층
성분					
절연체 입자	18.4%	0%	12.2%	36.7%	
진도성 입자	0%	63%	21%	61.5%	
용매 #1	68.2%	14%	49.9%	0%	
용매 #2	12.7%	21%	15.5%	0%	
분산제	0.7%	2%	1.13%	0%	

도면3

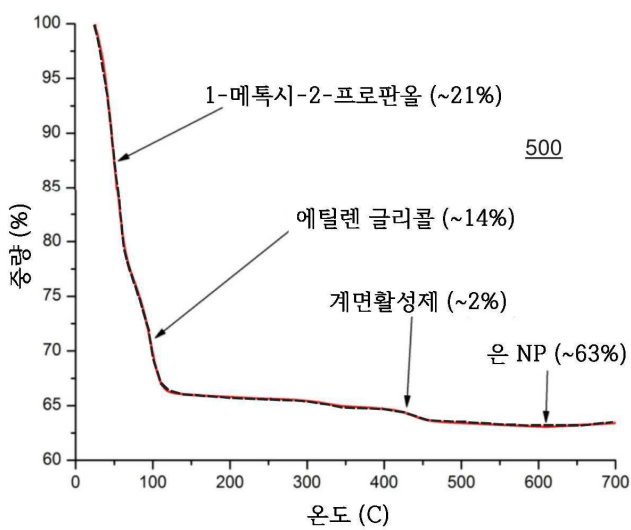
300 

	잉크 1	잉크 2	잉크 3	잉크 4	잉크 5
은 잉크 (전도성) (중량% 기준)	50 %	41 %	33 %	29 %	25 %
BST 잉크 (비-전도성) (중량% 기준)	50 %	59 %	67 %	71 %	75 %
80°C에서 30분 동안 경화 후 특성	진도체	진도체	절연체	절연체	절연체
250°C에서 3시간 동안 소결 후 특성	진도체	진도체	진도체	절연체	절연체

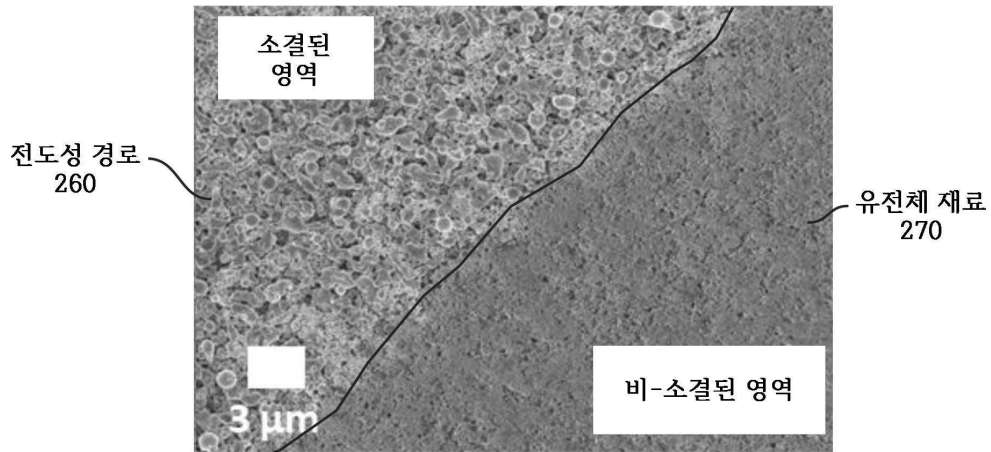
도면4



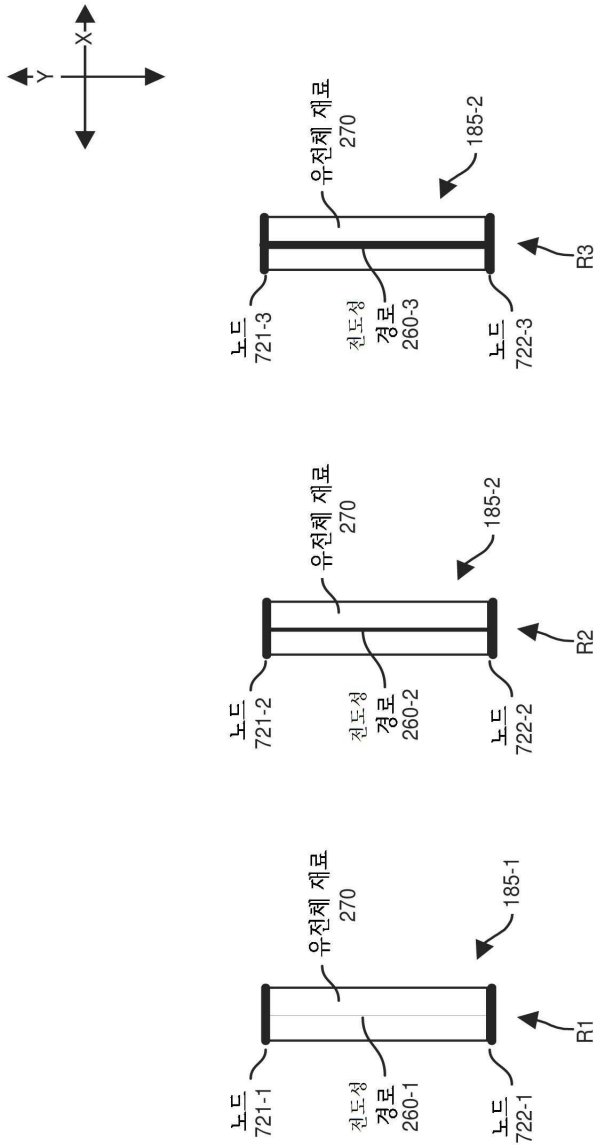
도면5



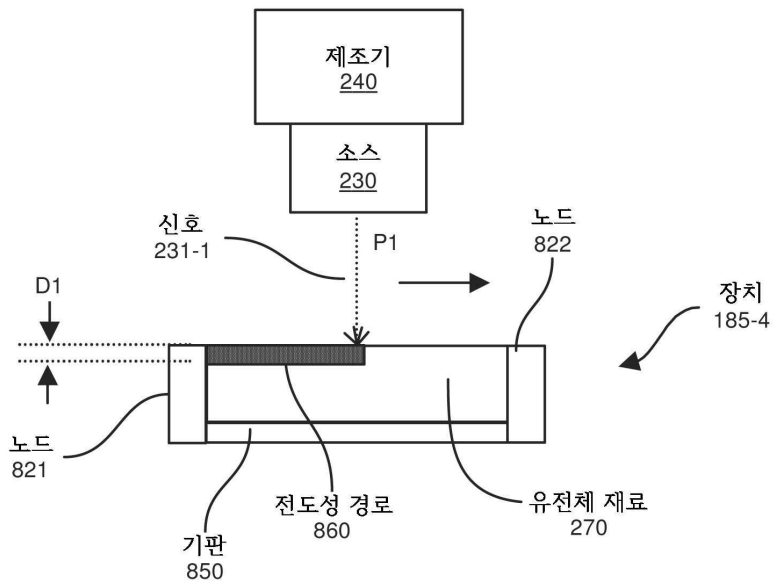
도면6



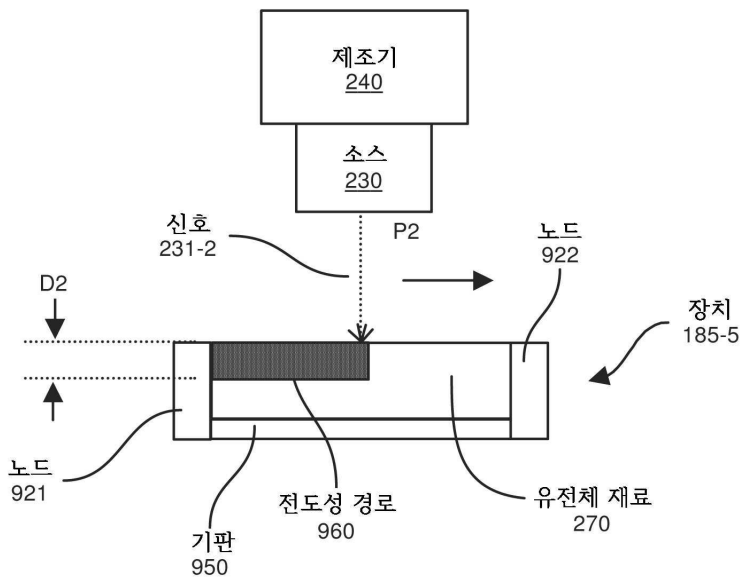
도면7



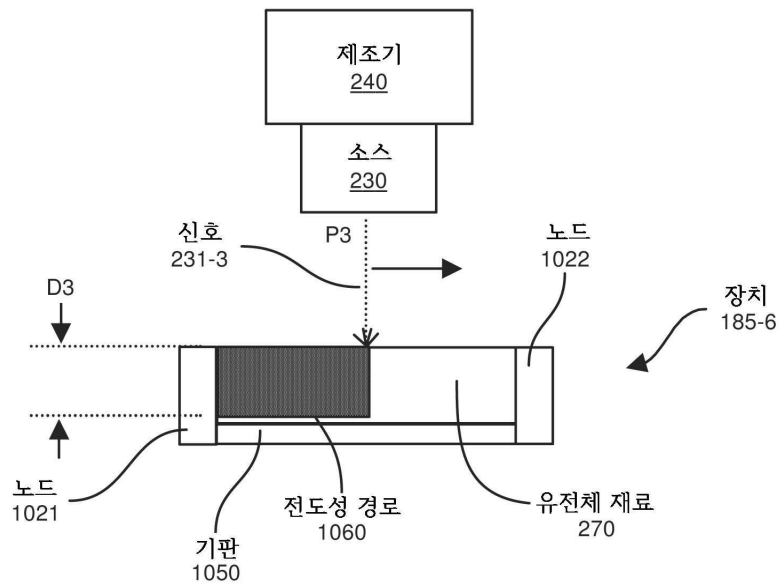
도면8



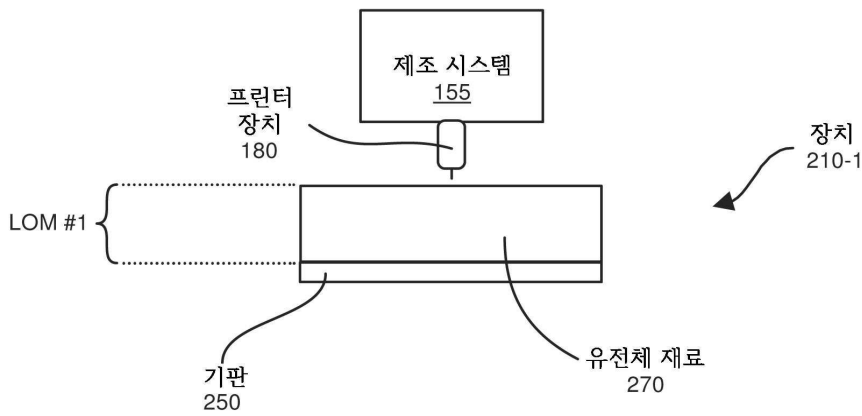
도면9



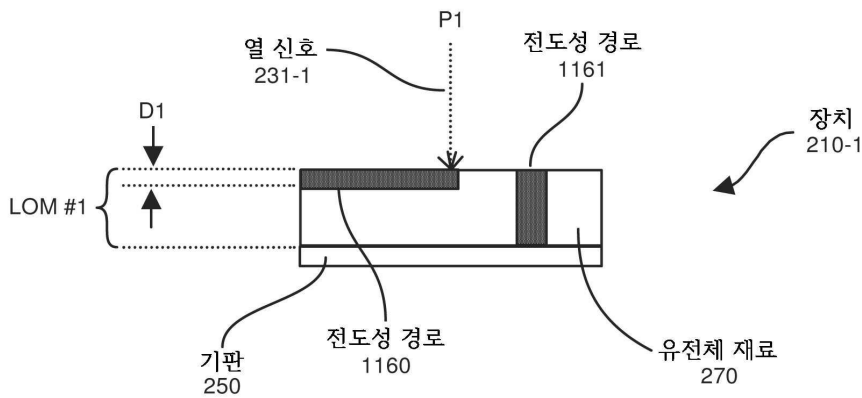
도면10



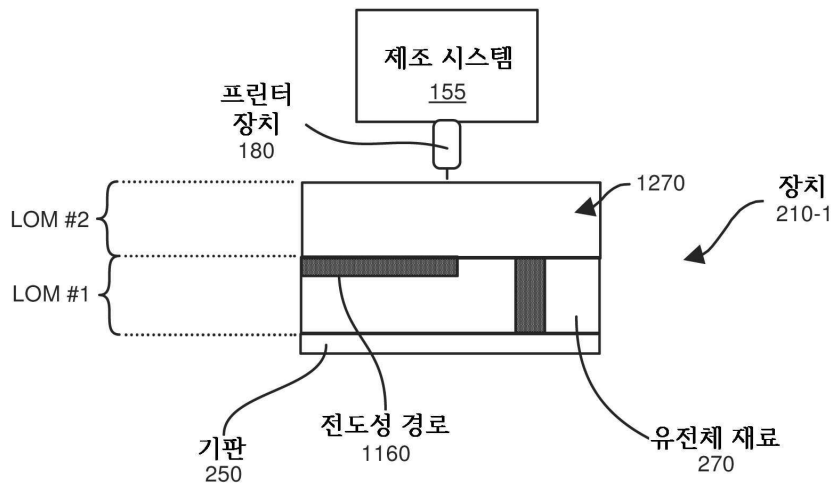
도면11a



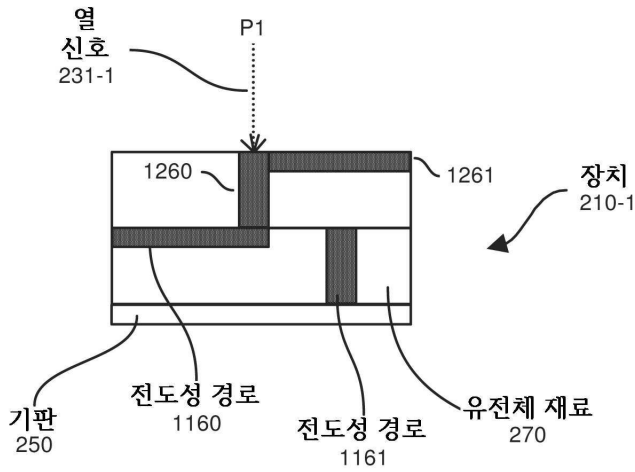
도면11b



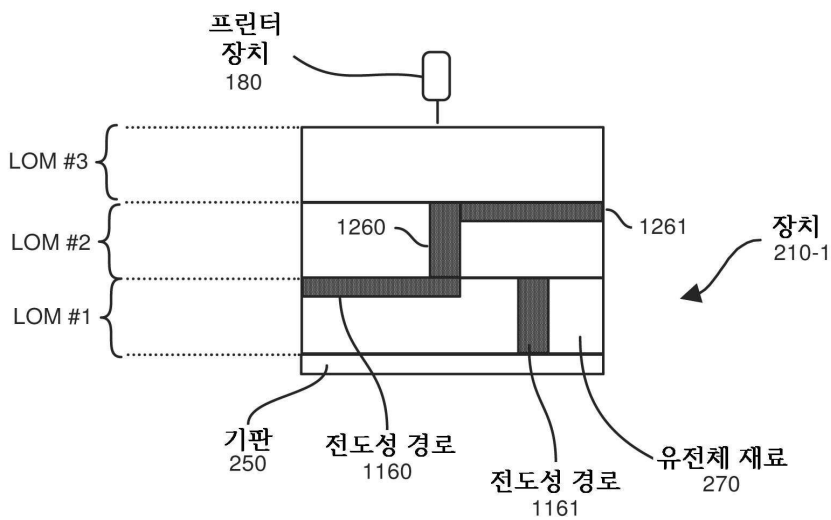
도면12a



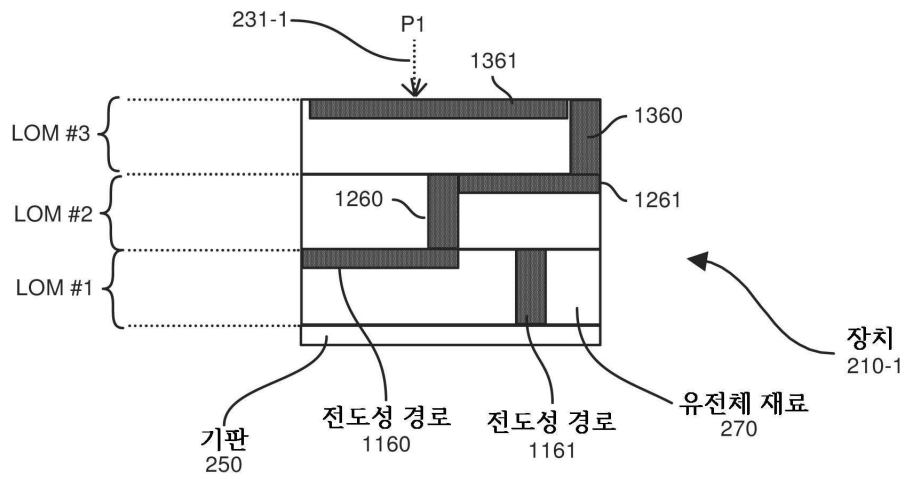
도면12b



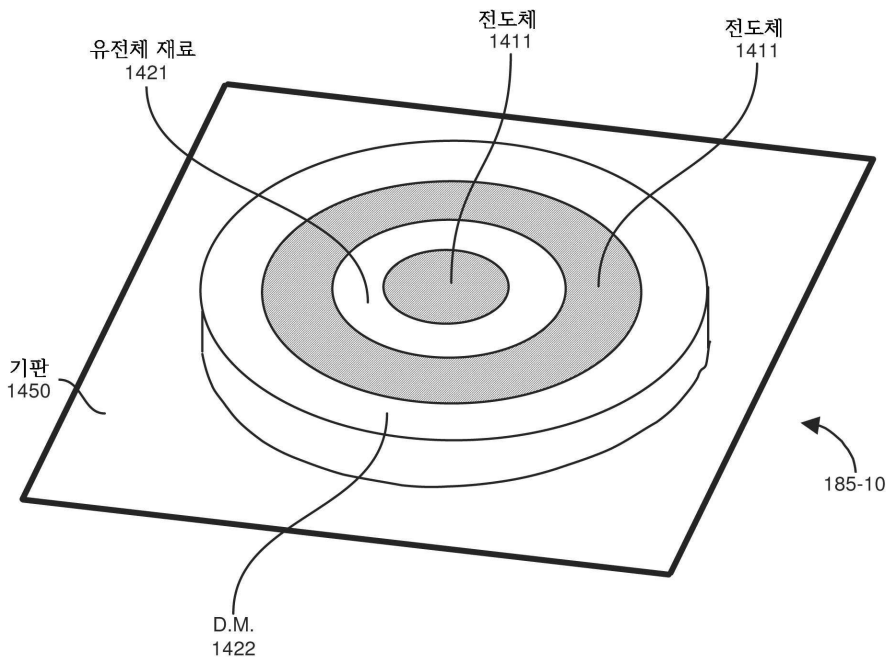
도면13a



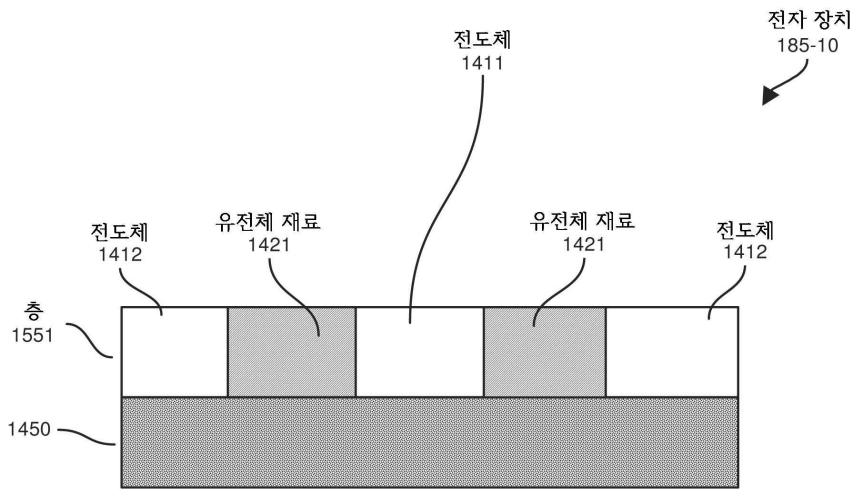
도면13b



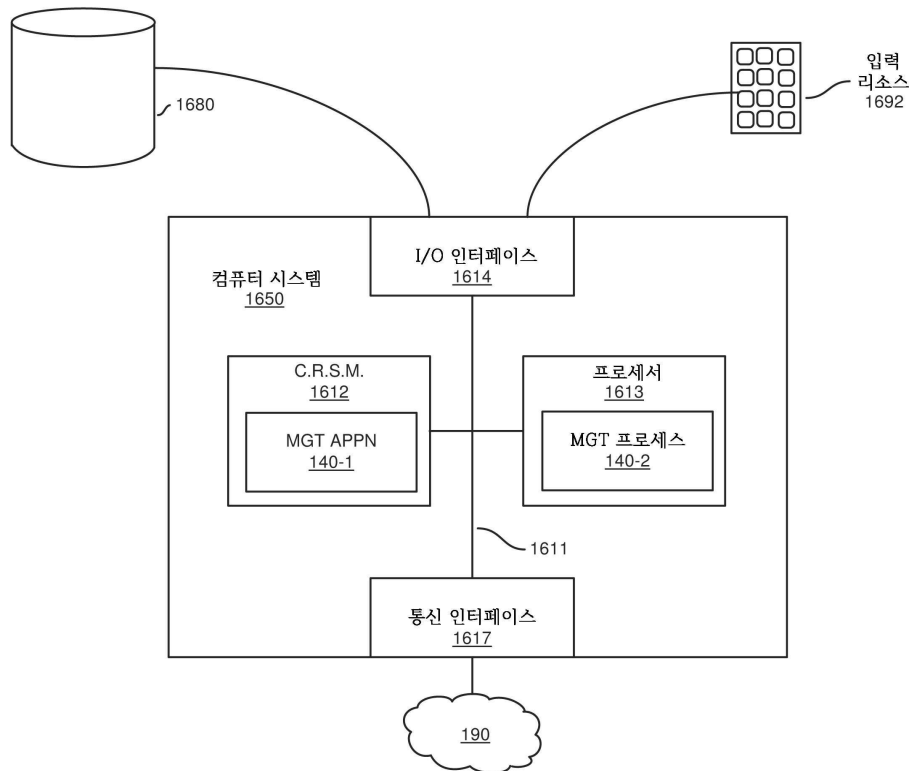
도면14



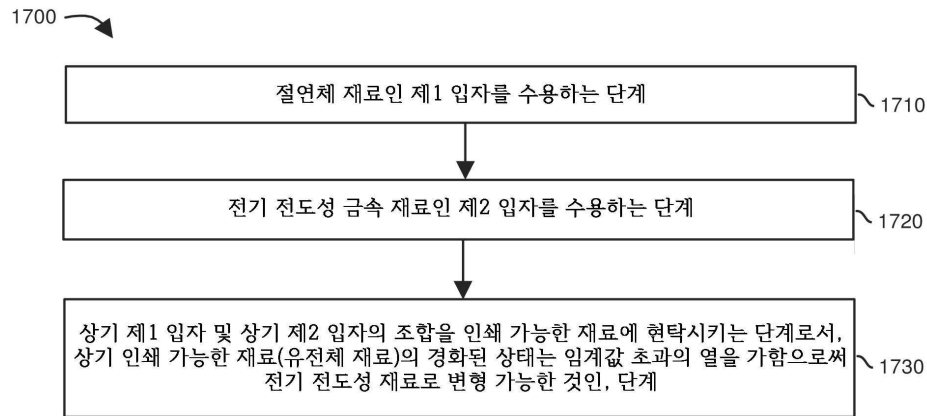
도면15



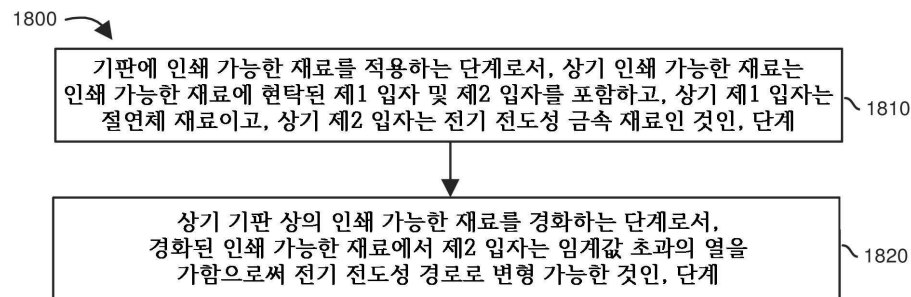
도면16



도면17



도면18



도면19

