



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0100724
(43) 공개일자 2023년07월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B22F 10/12 (2021.01) B22F 10/50 (2021.01)
B22F 12/13 (2021.01) B22F 12/67 (2021.01)
B29C 64/165 (2017.01) B29C 64/393 (2017.01)
B33Y 10/00 (2015.01) B33Y 30/00 (2015.01)
B33Y 40/10 (2020.01) B33Y 70/10 (2020.01)
C04B 35/622 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B22F 10/12 (2021.08)
B22F 10/50 (2021.08)

(21) 출원번호 10-2023-7015020

(22) 출원일자(국제) 2021년10월08일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2023년05월02일

(86) 국제출원번호 PCT/US2021/054293

(87) 국제공개번호 WO 2022/076902

국제공개일자 2022년04월14일

(30) 우선권주장

63/089,405 2020년10월08일 미국(US)

(71) 출원인

트리오 랩스 인코포레이티드

미국 노스캐롤라이나 모리스빌 사우스센터 코트
133 스위트 900 (우: 27560)

(72) 발명자

스티지, 아담 티. 씨.

미국 27713 노스 캐롤라이나 더럼 내비콘 드라이브
1008

퍼처스, 켄 쥐.

미국 27560 노스 캐롤라이나 모리스빌 브래드슨
로드 302

아담스, 에릭 에드워드

미국 27312 노스 캐롤라이나 핏츠보로 트윈 레이
크스 드라이브 12

(74) 대리인

특허법인 남앤남

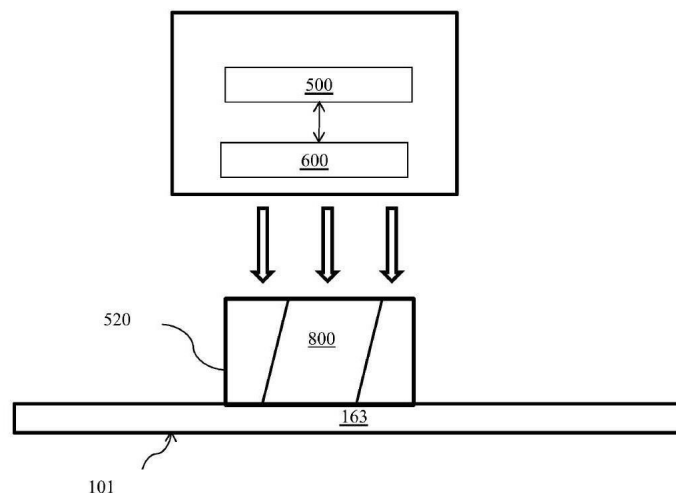
전체 청구항 수 : 총 113 항

(54) 발명의 명칭 디지털 제작 방법과 장치 및 이를 사용하여 만들어진 구조

(57) 요약

제작 장치는 디지털 모델을 나타내는 3차원 고체를 제조하기 위한 재료의 층을 받는 조형 표면 및 조형 재료의 일부분을 디지털 모델에 포함되어 있는 데이터의 일부분을 나타내는 단면으로 결합하는 이미징 부품을 포함한다. 본 장치는 제작 공장에 사용되기 전에 재료를 재순환 및/또는 균질화하는 시스템을 포함할 수 있다. 본 장치는 인쇄된 부품의 밀도를 제어하기 위한 시스템을 포함할 수 있다. 본 제작 장치로 만들어지는 예시적인 대상물은 다양한 분말 재료 중 임의의 분말 재료를 사용하는 분말 복합재료 부품을 포함할 수 있다. 예시적인 대상물은 고정밀 금속 또는 세라믹 부품을 제조하기 위해 추가로 후처리될 수 있다. 본 제작 장치는 보충 조형 재료를 고해상도로 선택적으로 증착하기 위한 선택적 증착 유닛을 포함할 수 있다. 본 제작 장치는 연장된 사용 수명을 갖는 이미징 유닛을 포함할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

B22F 12/13 (2021.01)
B22F 12/67 (2021.01)
B29C 64/165 (2017.08)
B29C 64/393 (2021.08)
B33Y 10/00 (2013.01)
B33Y 30/00 (2013.01)
B33Y 40/00 (2013.01)
B33Y 70/00 (2013.01)
C04B 35/622 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

3차원 대상물을 만들기 위한 방법으로서,

분말 재료와 광중합체 수지의 혼합물을 포함하는 조형 재료를 균질화하는 단계;

상기 조형 재료를 조형대(build platform) 상에 증착하는 단계; 및

상기 3차원 대상물을 형성하기 위해 상기 조형 재료를 선택적으로 처리하는 단계를 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 균질화는 상기 증착 동안, 증착 전 침전 시간 내에, 또는 이들의 조합으로 이루어지는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 3

제1 항 또는 제2 항에 있어서,

상기 선택적으로 처리하는 단계는, 조사(irradiation)를 통해 상기 조형 재료의 적어도 일부분을 적어도 부분적으로 경화시키는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 4

제1 항 내지 제3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조형 재료는 상기 조형대 상에 증착된 후에 치밀화되는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 조형 재료는 압력차를 통해 상기 광중합체 수지의 적어도 일부분을 제거함으로써 치밀화되는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 6

제1 항 내지 제5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 증착하는 단계는, 상기 조형 재료의 하나 이상의 층들을 생성하기 위해 슬롯 다이를 사용하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 슬롯 다이는 상기 층들 중의 이전에 증착된 층의 층 평탄도의 편차들의 더 넓은 범위에 걸쳐 층들 중의 한 층의 균일성을 증가시키도록 수정되는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 슬롯 다이의 수정은 상기 슬롯 다이의 안정적인 비드 영역을 확대하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 9

제1 항 내지 제8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 증착하는 단계는 상기 조형 재료의 층을 생성하는 것을 포함하고,

상기 선택적으로 처리하는 단계는, 조사를 통해 상기 조형 재료의 적어도 일부분을 적어도 부분적으로 경화시키는 것을 포함하며, 상기 조형 재료는 상기 조사 하에서 상태 변화가 일어나는 감광성 성분을 포함하며, 그리고

상기 3차원 대상물을 형성하기 위해 상기 증착 및 상기 선택적 처리를 반복하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 상태 변화는 경화를 확인하기 위해 검출되는 색 변화를 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 11

3차원 대상물을 만들기 위한 방법으로서,

조형 재료를 조형대 상에 증착하는 단계;

상기 조형 재료를 치밀화하는 단계; 및

3차원 대상물을 형성하기 위해 상기 조형 재료를 선택적으로 처리하는 단계를 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 12

제11 항에 있어서,

상기 증착하는 단계는 상기 조형 재료의 층을 상기 조형대 상에 증착하는 것을 포함하고,

상기 치밀화하는 단계는 상기 조형 재료의 층을 치밀화하는 것을 포함하며;

상기 선택적으로 처리하는 단계는, 상기 조형 재료의 층을 선택적으로 처리하는 것을 포함하며; 그리고

상기 방법은, 상기 3차원 대상물을 형성하기 위해 층 상에 적층되는 상기 조형 재료의 하나 이상의 층들의 상기 증착, 상기 치밀화 및 상기 선택적 처리를 반복하는 단계를 더 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 13

제11 항 또는 제12 항에 있어서,

상기 조형 재료는 분말 재료와 캐리어 유체의 혼합물을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 14

제13 항에 있어서,

상기 증착하는 단계는 슬롯 다이 코팅을 통해 상기 조형 재료를 증착하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 15

제13 항 또는 제14 항에 있어서,

상기 증착하는 단계는 블레이드 코팅을 통해 상기 조형 재료를 증착하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 16

제13 항 내지 제15 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 증착하는 단계는 패치(patch) 코팅을 통해 상기 조형 재료를 증착하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 17

제13 항 내지 제16 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 치밀화하는 단계는 상기 조형 재료 내의 상기 분말 재료의 로딩(loading) 밀도를 증가시키는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 18

제13 항 내지 제17 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 치밀화하는 단계는 상기 조형 재료로부터 상기 캐리어 유체의 적어도 일부분을 제거하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 19

제18 항에 있어서,

상기 제거는 상기 조형대를 통해 상기 조형 재료로부터 상기 캐리어 유체의 적어도 일부분을 흡입하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 20

제18 항 또는 제19 항에 있어서,

상기 제거는 상기 조형대에 초음파를 가하여 상기 조형 재료로부터 상기 캐리어 유체의 적어도 일부분을 제거하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 21

제18 항 내지 제20 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제거는 상기 조형 재료로부터 상기 캐리어 유체의 적어도 일부분을 열적으로 증발시키는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 22

제18 항 내지 제21 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 캐리어 유체는 필러(filler) 재료 및 백본(backbone) 재료를 포함하고,

상기 제거는 상기 필러 재료만의 적어도 일부분을 제거하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 23

제22 항에 있어서,

상기 제거는 증발을 통해 상기 필러 재료의 적어도 일부분을 제거하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 24

제13 항 내지 제23 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 선택적으로 처리하는 단계 전에, 상기 조형대에 초음파를 가하여 상기 분말 재료를 침전시키는 단계를 더 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 25

제13 항 내지 제24 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조형 재료는 내부에 복수의 기포들이 형성되어 있는 발포체(foam)를 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 26

제25 항에 있어서,

상기 치밀화하는 단계는 상기 발포체 내의 기포들의 적어도 일부를 붕괴시키는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 27

제26 항에 있어서,

상기 붕괴는 상기 조형대를 통해 조형 재료에 흡입을 가하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 28

제26 항 또는 제27 항에 있어서,

상기 붕괴는 상기 조형 재료에 초음파 교반을 가하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 29

제26 항 내지 제28 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 붕괴는 상기 조형 재료에 열을 가하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 30

제13 항 내지 제29 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 치밀화하는 단계는 상기 조형 재료에 치밀화 유체를 가하는 것을 포함하고,

상기 치밀화 유체는 상기 캐리어 유체와 반응하여 가스 생성물을 생성하고 상기 조형 재료의 유체 부피를 감소시키는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 31

제13 항 내지 제30 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 캐리어 유체는 광중합체 수지를 포함하고, 상기 선택적으로 처리하는 단계는 조사를 통해 상기 조형 재료의 적어도 일부분을 적어도 부분적으로 경화시키는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 32

제31 항에 있어서,

적어도 부분적으로 경화시키는 것은, 상기 3차원 대상물의 디지털 모델의 2차원 슬라이스에 따라 상기 조형 재료를 조사하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 33

제13 항 내지 제32 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 선택적으로 처리하는 단계는, 상기 조형 재료의 적어도 하나의 타겟 영역 상에 보충 조형 재료를 증착하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 34

제33 항에 있어서,

상기 치밀화하는 단계는, 상기 조형 재료가 치밀화 후에 실질적으로 젖은 상태로 유지되도록 상기 조형 재료를 치밀화하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 35

제34 항에 있어서,

상기 치밀화하는 단계는, 상기 조형 재료에 복수의 공극들이 형성되고 또한 상기 분말 재료가 치밀화 후에 젖은 상태로 유지되도록 상기 조형 재료를 치밀화하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 36

제34 항 또는 제35 항에 있어서,

상기 보충 조형 재료는 상기 타겟 영역에서 상기 분말 재료를 결합시키기 위한 경화 반응, 고화 반응 또는 이들의 조합을 가능하게 하도록 되어 있는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 37

제36 항에 있어서,

상기 타겟 영역은 상기 3차원 대상물의 디지털 모델의 2차원 슬라이스에 따르는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 38

제36 항 또는 제37 항에 있어서,

상기 보충 조형 재료는 상기 타겟 영역에서 상기 분말 재료를 결합시키기 위한 광경화 반응을 가능하게 하도록 되어 있는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 39

제38 항에 있어서,

상기 선택적으로 처리하는 단계는, 상기 조형 재료를 비선택적 방식으로 조사하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 40

제38 항 또는 제39 항에 있어서,

상기 보충 조형 재료는 광경화성 수지를 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 41

제38 항 내지 제40 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 보충 조형 재료 및 상기 캐리어 유체는 함께 백본 수지 및 광개시제를 포함하는 광경화성 수지를 제공하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 42

제36 항 내지 제41 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 보충 조형 재료는 상기 타겟 영역에서 상기 분말 재료를 결합시키기 위한 열 경화 반응을 가능하게 하도록 되어 있는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 43

제42 항에 있어서,

상기 선택적으로 처리하는 단계는, 상기 조형 재료를 비선택적 방식으로 가열하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 44

제42 항 또는 제43 항에 있어서,

상기 보충 조형 재료는 열경화성 수지를 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 45

제42 항 내지 제44 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 보충 조형 재료 및 상기 캐리어 유체는 함께 백본 수지 및 열 개시제를 포함하는 열경화성 수지를 제공하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 46

제36 항 내지 제45 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 보충 조형 재료는 상기 타겟 영역에서 상기 분말 재료를 결합시키기 위한 수동 경화 반응을 가능하게 하도록 되어 있는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 47

제46 항에 있어서,

상기 보충 조형 재료는 수동 경화성 수지를 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 48

제46 항 또는 제47 항에 있어서,

상기 보충 조형 재료 및 상기 캐리어 유체는 함께 백본 수지 및 열 개시제를 포함하는 수동 경화성 수지를 제공하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 49

제36 항 내지 제48 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 보충 조형 재료는, 증착 동안에 용융되고 적어도 상기 캐리어 유체에 의한 열 흡수를 통한 냉각시에 고화되는 왁스를 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 50

제36 항 내지 제49 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 보충 조형 재료는, 증착 동안에 용융되고 광경화, 열경화, 수동 경화 또는 이들의 조합을 통해 증착시에 경화되는 단량체(monomer)를 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 51

제34 항 내지 제50 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 보충 조형 재료는 경화 반응을 억제하도록 되어 있고 상기 캐리어 유체는 경화성 재료를 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 52

제51 항에 있어서,

상기 타겟 영역은 상기 3차원 대상물의 디지털 모델의 2차원 슬라이스의 상보적인 이미지에 따르는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 53

제51 항 또는 제52 항에 있어서,

상기 보충 조형 재료는 광경화 반응을 억제하도록 되어 있고, 상기 캐리어 유체는 광경화성 재료를 포함하는, 3

차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 54

제53 항에 있어서,

상기 선택적으로 처리하는 단계는, 상기 조형 재료를 비선택적 방식으로 조사하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 55

제34 항 내지 제54 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 보충 조형 재료는 소결 억제제를 포함하고,

상기 방법은 상기 선택적으로 처리하는 단계 후에 상기 분말 재료를 소결하는 단계를 더 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 56

제55 항에 있어서,

상기 타겟 영역은 상기 3차원 대상물과 지지 구조 사이에 있는 지지 표면 층의 디지털 모델의 2차원 슬라이스에 따르는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 57

3차원 대상물을 만들기 위한 시스템으로서, 제11 항 내지 제56 항 중 어느 한 항의 방법을 실행하기 위한 수단을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 시스템.

청구항 58

3차원 대상물을 만들기 위한 장치로서,

조형대;

상기 조형대를 가로질러 병진 이동하고 상기 조형대 또는 이전에 증착된 층 상에 조형 재료의 층을 증착하도록 구성되어 있는 증착 모듈;

상기 증착 모듈과 연통하는 재료 전달 유닛; 및

상기 조형 재료를 수용하고 상기 재료 전달 유닛과 연통하는 저장부 — 상기 재료 전달 유닛은 상기 저장부 내의 상기 조형 재료를 균질화하고 상기 저장부로부터 상기 조형 재료를 상기 증착 모듈에 공급하거나 이의 조합을 수행하도록 구성되어 있음 —; 및

상기 3차원 대상물의 하나의 층을 규정하기 위해, 상기 증착된 층의 적어도 일부분을 적어도 부분적으로 경화시키기 위한 투영 모듈을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 장치.

청구항 59

제58 항에 있어서,

상기 재료 전달 유닛은 상기 저장부로부터 상기 조형 재료를 상기 증착 모듈에 공급하기 위한 적어도 하나의 순환 펌프를 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 장치.

청구항 60

제 58항 또는 제59 항에 있어서,

상기 재료 전달 유닛은 상기 저장부 내의 상기 조형 재료를 연속적으로 균질화하기 위한 하나 이상의 균질화 펌프들을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 장치.

청구항 61

제58 항 내지 제60 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조형대 및 상기 저장부는, 상기 저장부가 상기 증착 모듈에서 나가는 상기 조형 재료, 상기 조형대의 측면들로부터 배출되는 상기 조형 재료 또는 이들의 조합을 수용하도록 위치되는, 3차원 대상물을 만들기 위한 장치.

청구항 62

제58 항 내지 제61 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조형대는 복수의 세공(pore)들이 형성되어 있는 조형대 작업 표면을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 장치.

청구항 63

제62 항에 있어서,

상기 조형 재료는 분말 재료와 광중합체 수지의 혼합물을 포함하고, 상기 조형 재료의 상기 증착된 층의 상기 광중합체 수지는 상기 층이 치밀화되도록 상기 복수의 세공들을 통해 적어도 부분적으로 제거되는, 3차원 대상물을 만들기 위한 장치.

청구항 64

고체 자유형상 제작 시스템을 만들기 위한 방법으로서,

조형대를 구축하는 단계;

조형 재료를 상기 조형대에 증착하기 위한 조형 재료 유닛을 구성하는 단계; 및

3차원 대상물을 형성하기 위해 상기 조형 재료를 선택적으로 처리하기 위한 선택적 처리 유닛을 구축하는 단계를 포함하는, 고체 자유형상 제작 시스템을 만들기 위한 방법.

청구항 65

제64 항에 있어서,

상기 조형 재료 유닛은 상기 조형대 상에 상기 조형 재료의 층을 증착하고 상기 조형 재료의 층을 치밀화하도록 구성되며,

상기 선택적 처리 유닛은 상기 조형 재료의 층을 선택적으로 처리하도록 구성되고; 그리고

상기 조형 재료 유닛 및 상기 선택적 처리 유닛은 상기 3차원 대상물을 형성하기 위해 상기 층 상에 적층되는 상기 조형 재료의 하나 이상의 층들의 증착, 치밀화 및 선택적 처리를 함께 그리고 반복적으로 수행하도록 구성되어 있는, 고체 자유형상 제작 시스템을 만들기 위한 방법.

청구항 66

제65 항에 있어서,

상기 조형 재료는 분말 재료와 캐리어 유체의 혼합물을 포함하는, 고체 자유형상 제작 시스템을 만들기 위한 방법.

청구항 67

제66 항에 있어서,

상기 조형 재료 유닛은 상기 조형대와 결합되고, 상기 조형대를 통해 상기 조형 재료로부터 상기 캐리어 유체의 적어도 일부분을 제거하도록 구성되는, 고체 자유형상 제작 시스템을 만들기 위한 방법.

청구항 68

제67 항에 있어서,

상기 캐리어 유체는 광중합체 수지를 포함하고, 상기 선택적 처리 유닛은 조사를 통해 상기 조형 재료의 적어도

일부분을 적어도 부분적으로 경화시키도록 구성되는, 고체 자유형상 제작 시스템을 만들기 위한 방법.

청구항 69

고체 자유형상 제작 시스템을 만들기 위한 시스템으로서, 제64 항 내지 제68 항 중 어느 한 항의 방법을 실행하기 위한 수단을 포함하는, 고체 자유형상 제작 시스템을 만들기 위한 시스템.

청구항 70

이미징 표면 상으로 이미지를 고해상도로 조사(irradiating)하기 위한 장치로서,

스캔 방향으로 정렬된 조명원 그룹들의 어레이 - 각 조명원 그룹은 교차 스캔 방향으로 정렬된 조명원 부분 세트들의 어레이를 포함하고,

각 조명원 부분 세트는 복수의 조명원들을 포함하며,

각 조명원 부분 세트 내의 조명원들은 스캔 방향으로 분포되고, 영 보다 크고 교차 스캔 방향으로의 각 조명원의 폭 보다 크지 않는 오프셋 거리만큼 교차 스캔 방향으로 이동됨 - ; 및

상기 조명원 그룹들의 어레이와 상기 이미징 표면 사이에 위치되고 상기 조명원 그룹들의 어레이로부터의 조사선을 상기 이미징 표면 상에 투영하도록 구성되어 있는 투영 광학 기구를 포함하며,

상기 이미징 표면에는 픽셀 영역들의 어레이가 규정되어 있고, 각 픽셀 영역은, 상기 조명원들 중의 적어도 하나에 의해 각각 이미징되는 이미지들의 어레이를 포함하고,

상기 조사선은, 상기 조명원 그룹들의 어레이가 상기 픽셀 영역들을 이미징하도록 스캔 방향으로 병진 이동되고, 각 픽셀 영역은 상기 조명원 부분 세트들 중의 적어도 하나에 의해 전체적으로 이미징되는, 이미징 표면 상으로 이미지를 고해상도로 조사하기 위한 장치.

청구항 71

제70 항에 있어서,

교차 스캔 방향으로 있는 상기 픽셀 영역들의 수는 각 조명원 그룹의 상기 조명원 부분 세트들의 수보다 크지 않은, 이미징 표면 상으로 이미지를 고해상도로 조사하기 위한 장치.

청구항 72

제70 항 또는 제71 항에 있어서,

상기 오프셋 거리는 교차 스캔 방향으로의 각 조명원의 폭과 같은, 이미징 표면 상으로 이미지를 고해상도로 조사하기 위한 장치.

청구항 73

제70 항 내지 제72 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 오프셋 거리는 교차 스캔 방향으로의 각 조명원의 폭보다 작은, 이미징 표면 상으로 이미지를 고해상도로 조사하기 위한 장치.

청구항 74

제70 항 내지 제73 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명원 그룹들의 어레이는 마이크로 발광 다이오드(마이크로 LED) 칩에 통합되고, 각 조명원은 마이크로 LED를 포함하는, 이미징 표면 상으로 이미지를 고해상도로 조사하기 위한 장치.

청구항 75

제74 항에 있어서,

상기 마이크로 LED 칩 및 투영 광학 기구는 상기 이미징 표면에 대해 스캔 방향으로 동시에 병진 이동하는, 이미징 표면 상으로 이미지를 고해상도로 조사하기 위한 장치.

청구항 76

제74 항 또는 제75 항에 있어서,

상기 마이크로 LED 칩은 상기 이미징 표면에 대해 스캔 방향으로 병진 이동하고 상기 투영 광학 기구는 상기 이미징 표면에 대해 정적인, 이미징 표면 상으로 이미지를 고해상도로 조사하기 위한 장치.

청구항 77

제74 항 내지 제76 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 장치는, 교차 스캔 방향에 평행한 축선을 중심으로 회전하도록 구성되고 상기 이미징 표면과 상기 마이크로 LED 칩 사이에 위치되는 적어도 하나의 굴절 요소를 더 포함하며,

상기 굴절 요소는 상기 마이크로 LED 칩으로부터의 조사선을 스캔 방향으로 병진 이동시키도록 구성되어 있는, 이미징 표면 상으로 이미지를 고해상도로 조사하기 위한 장치.

청구항 78

제70 항 내지 제77 항 중 어느 한 항에 있어서,

선택된 조명원 부분 세트는 결함이 있는 조명원을 포함하고, 상기 결함이 있는 조명원에 대응하는 이미징 표면의 영역은, 스캔 방향으로 상기 선택된 조명원 부분 세트들과 정렬되어 있는 다른 조명원 부분 세트에 있는 무결함 조명원에 의해 이미징되는, 이미징 표면 상으로 이미지를 고해상도로 조사하기 위한 장치.

청구항 79

3차원 대상물을 만들기 위한 시스템으로서,

광경화성 재료의 하나 이상의 층들을 증착하기 위한 조형 재료 유닛; 및

상기 3차원 대상물의 디지털 모델의 슬라이스에 따라 층들 각각을 경화하기 위한 제70 항 내지 제78 항 중 어느 한 항의 장치를 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 시스템.

청구항 80

광경화성 재료를 경화하기 위한 방법으로서,

스캔 방향으로 정렬된 조명원 그룹들의 어레이로 상기 광경화성 재료를 조사하는 단계 - 각 조명원 그룹은 교차 스캔 방향으로 정렬된 조명원 부분 세트들의 어레이를 포함하고,

각 조명원 부분 세트는 복수의 조명원들을 포함하며,

각 조명원 부분 세트 내의 조명원들은 스캔 방향으로 분포되고, 영 보다 크고 교차 스캔 방향으로의 각 조명원의 폭 보다 크지 않는 오프셋 거리만큼 교차 스캔 방향으로 이동되며; 그리고

상기 광경화성 재료에는 픽셀 영역들의 어레이가 규정되어 있고, 각 픽셀 영역은 상기 조명원들 중의 적어도 하나에 의해 각각 이미징되는 이미지들의 어레이를 포함함 - ; 및

상기 조명원 그룹들의 어레이가 상기 픽셀 영역들을 이미징하도록 상기 조명원 그룹들의 어레이로부터의 조사선을 스캔 방향으로 병진 이동시키는 단계를 포함하며,

각 픽셀 영역은 상기 조명원 부분 세트들 중의 적어도 하나에 의해 전체적으로 이미징되는, 광경화성 재료를 경화하기 위한 방법.

청구항 81

생체의 피부에 들어가기 위한 바늘로서,

다공성 팁 부분을 포함하는 바늘.

청구항 82

제81 항에 있어서,

상기 팁 부분에는, 상기 팁 부분을 통과하는 루멘(lumen)이 형성되어 있지 않은, 바늘.

청구항 83

제81 항 또는 제82 항에 있어서,

상기 팁 부분에는, 복수의 세공들, 및 유체가 상기 팁 부분을 통해 흐를 수 있도록 상기 세공들 사이에 있는 하나 이상의 통로들이 형성되어 있는, 바늘.

청구항 84

제81 항 내지 제83 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 팁 부분에는, 혈액의 고형 성분의 크기보다 작은 크기의 복수의 세공들이 형성되어 있어, 상기 고형 성분은 상기 세공들을 통과하지 못하는, 바늘.

청구항 85

제84 항에 있어서,

상기 복수의 세공들 각각은 100 나노미터 내지 10 마이크로미터의 직경을 갖는, 바늘.

청구항 86

생체의 피부에 들어가기 위한 미세 바늘로서,

작업 동안에 상기 바늘의 삽입 방향에 수직인 방향으로 개방되는 하나 이상의 세공들이 형성되어 있는 팁 부분을 포함하는, 미세 바늘.

청구항 87

제86 항에 있어서,

상기 세공들 각각은 100 나노미터 내지 50 마이크로미터의 직경을 가지며, 상기 바늘은 3 mm보다 짧고, 상기 팁 부분은 10 마이크로미터 내지 250 마이크로미터의 길이 및 10 마이크로미터 이하의 팁 반경을 갖는, 미세 바늘.

청구항 88

3차원 대상물을 만들기 위한 장치로서,

조형대;

상기 조형대 또는 이전에 증착된 층들 상에 조형 재료의 복수의 층들을 증착하도록 구성된 증착 모듈; 및

상기 3차원 대상물을 형성하기 위해, 상기 증착된 층들의 적어도 일부의 적어도 일부분을 수정하기 위한 선택적 처리 유닛을 포함하고,

상기 조형 재료는 분말 재료와 액체 성분의 혼합물을 포함하고, 상기 조형 재료의 액체 성분은 상기 층이 치밀화되도록 상기 증착된 층으로부터 적어도 부분적으로 제거되는, 3차원 대상물을 만들기 위한 장치.

청구항 89

제88 항에 있어서,

상기 액체 성분은 광중합체 수지를 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 장치.

청구항 90

제89 항에 있어서,

상기 선택적 처리 유닛은 상기 광중합체 수지를 조사하도록 구성되어 있는, 3차원 대상물을 만들기 위한 장치.

청구항 91

3차원 대상물을 만들기 위한 장치로서,

조형대;

상기 조형대 또는 이전에 증착된 층들 상에 조형 재료의 복수의 층들을 증착하도록 구성된 증착 모듈; 및

상기 3차원 대상물을 형성하기 위해, 상기 증착된 층들의 적어도 일부의 적어도 일부분을 수정하기 위한 선택적 처리 유닛을 포함하며,

상기 조형대는 복수의 세공들이 형성되는 조형대 작업 표면을 규정하고,

상기 조형 재료는 분말 재료와 액체 성분의 혼합물을 포함하고, 상기 조형 재료의 액체 성분은 상기 층이 치밀 화되도록 상기 증착된 층으로부터 상기 복수의 세공들을 통해 적어도 부분적으로 제거되는, 3차원 대상물을 만들기 위한 장치.

청구항 92

제91 항에 있어서,

상기 액체 성분은 광중합체 수지를 포함하는, 장치.

청구항 93

제92 항에 있어서,

상기 선택적 처리 유닛은 상기 광중합체 수지를 조사하도록 구성되어 있는, 장치.

청구항 94

3차원 대상물을 만들기 위한 방법으로서,

제1 항 내지 제10 항 중 어느 한 항의 방법을 사용하여 적어도 하나의 부품 및 부품 트레이를 각각 만드는 단계;

상기 부품 트레이를 소결하는 단계 - 상기 소결된 부품 트레이의 기하학적 구조는 소결 전의 부품의 기하학적 구조에 상보적임 -;

상기 부품을 상기 부품 트레이 안으로 싣는 단계; 및

상기 부품 트레이에서 상기 부품을 소결하는 단계를 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 95

제94 항에 있어서,

상기 싣는 단계는, 상기 부품 트레이를 통해 가해지는 진공 흡입을 통해 상기 부품을 상기 부품 트레이 안으로 싣는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 96

제95 항에 있어서,

상기 부품 트레이를 소결하는 단계는, 상기 소결된 부품 트레이가 다공성을 가지며 또한 상기 부품 트레이에 적어도 하나의 부품 각각의 크기보다 작은 크기를 갖는 세공들이 형성되도록 상기 부품 트레이를 소결하는 것을 포함하고, 상기 진공 흡입은 상기 세공들을 통해 가해지는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 97

제94 항 내지 제96 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 만드는 단계는 복수의 부품들을 만드는 것을 포함하고; 그리고

상기 싣는 단계는 상기 복수의 부품들을 동시에 상기 부품 트레이 안으로 싣는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 98

3차원 대상물을 만들기 위한 방법으로서,

제1 항 내지 제10 항 및 제94 항 내지 제97 항 중 어느 한 항의 방법을 사용하여 도구와 부품을 각각 만드는 단계; 및

상기 도구를 사용하여 상기 부품의 기하학적 구조를 수정하는 단계를 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 99

제98 항에 있어서,

상기 수정하는 단계는,

상기 도구와 상기 부품을 전해 용액에 침지시키는 것; 및

상기 부품으로부터 재료의 적어도 일부분을 제거하기 위해 상기 도구와 상기 부품에 걸쳐 전류를 가하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 100

제99 항에 있어서,

상기 도구를 만드는 단계는, 목표된 기하학적 구조를 상기 부품에 부여하기 위한 상기 도구의 필요한 표면들을 결정하기 위해 상기 부품에 대한 상기 목표된 기하학적 구조의 하나 이상의 표면들에 상보적인 상기 도구의 기하학적 구조를 디지털 모델에서 결정하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 101

제98 항 또는 제99 항에 있어서,

상기 도구는 다공성인, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 102

제101 항에 있어서,

상기 도구를 만드는 단계는, 상기 도구의 소결 온도를 제어함으로써 상기 도구의 다공률을 제어하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 103

제101 항 또는 제102 항에 있어서,

상기 도구에는, 상기 세공들의 기하학적 구조가 상기 수정을 통해 상기 부품에 부여되지 않도록, 또한 상기 수정 동안에 상기 전해 용액이 상기 세공들의 적어도 일부를 통해 흐르도록 해주는 크기를 갖는 세공들이 형성되어 있는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 104

3차원 대상물을 만들기 위한 방법으로서,

고체 자유형상 제작을 사용하여 적어도 하나의 부품 및 부품 트레이를 각각 만드는 단계;

상기 부품 트레이를 소결하는 단계 — 상기 소결된 부품 트레이의 기하학적 구조는 소결 전의 상기 부품의 기하학적 구조에 상보적임 —;

상기 부품을 상기 부품 트레이 안으로 싣는 단계; 및

상기 부품 트레이에서 상기 부품을 소결하는 단계를 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 105

제104 항에 있어서,

상기 싣는 단계는, 상기 부품 트레이를 통해 가해지는 진공 흡입을 통해 상기 부품을 상기 부품 트레이 안으로 싣는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 106

제105 항에 있어서,

상기 부품 트레이를 소결하는 단계는, 상기 소결된 부품 트레이가 다공성을 가지며 또한 상기 부품 트레이에 적어도 하나의 부품 각각의 크기보다 작은 크기를 갖는 세공들이 형성되도록 상기 부품 트레이를 소결하는 것을 포함하고, 상기 진공 흡입은 상기 세공들을 통해 가해지는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 107

제104 항 내지 제106 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 만드는 단계는 복수의 부품들을 만드는 것을 포함하고; 그리고

상기 싣는 단계는 상기 복수의 부품들을 동시에 상기 부품 트레이 안으로 싣는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 108

3차원 대상물을 만들기 위한 방법으로서,

고체 자유형상 제작을 사용하여 도구와 부품을 각각 만드는 단계; 및

상기 도구를 사용하여 상기 부품의 기하학적 구조를 수정하는 단계를 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 109

제108 항에 있어서,

상기 수정하는 단계는,

상기 도구와 상기 부품을 전해 용액에 침지시키는 것; 및

상기 부품으로부터 재료의 적어도 일부분을 제거하기 위해 상기 도구와 상기 부품에 걸쳐 전류를 가하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 110

제109 항에 있어서,

상기 도구를 만드는 단계는, 목표된 기하학적 구조를 상기 부품에 부여하기 위한 상기 도구의 필요한 표면들을 결정하기 위해 상기 부품에 대한 목표된 기하학적 구조의 하나 이상의 표면들에 상보적인 도구의 기하학적 구조를 디지털 모델에서 결정하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 111

제108 항 내지 제110 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 도구는 다공성인, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 112

제111 항에 있어서,

상기 도구를 만드는 단계는, 상기 도구의 소결 온도를 제어함으로써 상기 도구의 다공률을 제어하는 것을 포함하는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

청구항 113

제111 항 또는 제112 항에 있어서,

상기 도구에는, 상기 세공들의 기하학적 구조가 상기 수정을 통해 상기 부품에 부여되지 않도록, 또한 상기 수정 동안에 상기 전해 용액이 상기 세공들의 적어도 일부를 통해 흐르도록 해주는 크기를 갖는 세공들이 형성되어 있는, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2020년 10월 8일에 출원된 미국 가특허 출원 일련 번호 제63/089,405호에 대한 우선권을 주장한다. 본 출원은 2021년 9월 13일에 출원된 공동 계류 중인 미국 특허 출원 일련 번호 제17/438,853호의 일부 계속 출원이고, 이는 2020년 3월 6일에 출원된 특허 협력 조약(PCT) 특허출원 PCT/US2020/021378의 국내 단계 출원이며, 이는 2019년 3월 12일에 출원된 미국 가특허 출원 일련 번호 제62/817,431호에 대해 우선권을 주장한다. 가특허 출원 및 비가특허 출원에 대한 우선권이 명시적으로 주장되며, 그 가특허 및 비가특허 출원들의 개시 내용은 전체적으로 그리고 모든 목적을 위해 여기에 참조로 포함된다.

[0002] 개시된 실시예들은 일반적으로 대상물들의 고체 자유형상 제작에 관한 것으로, 특히, 하지만 비배타적으로, 동적 밀도 제어를 사용하는 고밀도 대상물들의 디지털 제작을 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 고체 자유형상 제작(SFF), 3D 프린팅(3DP), 직접 디지털 제조(DDM) 및 고체 이미징으로도 알려져 있는 부가(additive) 제조(AM)는, 시각적으로 시연하는 기능 부품들의 원형(prototype)을 만드는 널리 채택되는 방법이 점점 되어 가고 있다. 어떤 경우에, 이는 또한 생산 제조를 위한 비용 효율적인 수단이 되었다. 디지털 모델들을 기반으로 구성품들을 제조하는 다양한 수단들이 존재하며 모두 완전한 설계 주기에 필요한 시간과 비용을 줄였으며, 이에 의해, 많은 산업에서 혁신 속도가 개선되었다.

[0004] 일반적으로, SFF는 층 방식으로 달성되는데, 층 방식에서는, 디지털 모델이 수평 슬라이스들로 분할되고 각 슬라이스는 조형 표면 상에 2D 이미지로 생성된다. 이러한 슬라이스들의 순차적 제작에 의해, 디지털 모델로 표현되는 3차원 대상물을 함께 구성하는 얇은 층들의 집합체가 생성된다. CNC(Computer Numerically Controlled) 가공, 사출 성형 및 다른 수단과 같은 전통적인 제작 기술과는 달리, SFF는 제조 시간과 비용을 현저하게 줄였으며, 따라서, 전통적인 수단을 이용하는 소량 생산이 매우 비용이 많이 드는 경우에 연구 및 개발 목적으로 널리 채택되고 있다. 추가적으로, SFF 장치는, 일반적으로, CNC 기계와 비교할 때, 작동하는 데에 전문 지식을 덜 필요로 한다. CNC 기계에서 제조되는 개별 부품들의 비용은 일반적으로 더 긴 셋업 시간과 더 높은 기계 작동 비용 때문에 일반적으로 더 높다. CNC로 제조된 부품들은 종종 SFF로 제조된 부품들보다 더 강하고 또한 더 세부적인 특징부들을 가질 것이며, 그래서 일부 용례들에 대해 바람직할 수 있다. SFF 기술들이 CNC로 제조된 부품들의 해상도와 기능으로 부품들을 제조할 수 있을 때까지, 부품 제조에서 SFF의 사용은 제한될 것이다.

[0005] 분말 사출 성형(PIM)은, 전통적으로 다른 몰딩 방법으로는 가능하지 않을 재료들로 고정밀 구성품들을 제조하는 수단으로 널리 채택된 대량 생산 기술이다. 분말은, 플라스틱 사출 성형과 유사하게, 몰드 안으로 주입되는 사출 공급 원료를 형성하기 위해 수지 결합제와 혼합된다. 제조된 부품은 "미가공(green)" 부품이라고 하는 분말 복합 재료 부품이다. 그 미가공 부품은, 결합제의 대부분이 제거되는 디바인딩(debinding)이라는 공정을 거치게 된다. 결과적인 부품을 "브라운(brown)" 부품이라고 한다. 그런 다음 이 브라운 부품은 열처리를 받아 분말 입자들이 함께 소결된다. 이 공정 동안에 부품은 수축되고 분말 입자들 사이의 공극들이 제거된다. 최종 결과로, 전체 밀도에 가까운 부품이 얻어진다. 사용된 분말 공급 원료의 조성에 따라 99.5% 이상의 밀도를 얻기 위해 추가 후처리가 사용될 수 있다.

[0006] SFF에 대한 가장 일반적인 기술 중의 일부는 스테레오리소그래피(stereolithography; SLA), 선택적 증착 모델링(selective deposition modeling; SDM), 용융 증착 모델링(fused deposition modeling; FDM) 및 선택적 레이저 소결(selective laser sintering; SLS)을 포함한다. 이러한 접근 방식들은, 사용할 수 있는 재료의 종류, 층들이 생성되는 방식, 및 제조된 부품들의 이후의 해상도 및 품질에 있어 다르다. 일반적으로, 층들은 벌크 재료 증착 방법 또는 선택적 재료 증착 방법으로 생성된다. 층 생성을 위해 벌크 증착 방법을 사용하는 기술에서, 층 이미징은 일반적으로 열적, 화학적 또는 광학적 공정에 의해 달성된다. PIM 공정에서 전술한 미가

공 부품과 유사한 부품을 제조하기 위해 결합제를 분말 층 안으로 넣기 위해 잉크젯 프린트 헤드를 이용하는 한 기술인 결합제 분출(jetting)이 있다. 이 미가공 부품은 최종 구성품을 제조하기 위해 동일한 방식으로 후처리 될 수 있다. 불행하게도, 미가공 부품을 제조하는 공정에서 생기는 결합으로 인해, 이 공정을 통해 제조되는 최종 구성품들은 특히 표면 마무리와 관련하여 고정밀 용례에 대한 허용 오차를 종종 만족하지 못한다. 추가적으로, 결합제 분사 공정의 정밀도와 속도가 제한된다.

[0007] SFF에 대한 기존 기술들의 한계는 SFF를 통해 만들어질 수 있는 구조에 대한 제한을 부과한다. 일부 초 소형 의료 기기들은 비용 효율적인 방식으로 SFF로 만들어질 수 없거나 전혀 SFF로 만들어질 수 없다. 또한, 기존 의료 기기들의 개선은, 이 개선을 구현하는 제작 기술들이 이용 가능하지 않기 때문에, 이루어질 수 없다.

발명의 내용

[0008] 여기에 개시된 제1 양태에 따르면, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법이 제시되며, 이 방법은,

[0009] 분말 재료와 광중합체 수지의 혼합물을 포함하는 조형 재료를 균질화하는 단계;

[0010] 조형 재료를 조형대(build platform) 상에 증착하는 단계; 및

[0011] 3차원 대상물을 형성하기 위해 조형 재료를 선택적으로 처리하는 단계를 포함한다.

[0012] [0009] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 균질화는 증착 동안, 증착 전 침전 시간 내에, 또는 이들의 조합으로 이루어진다.

[0013] [0010] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 선택적으로 처리하는 단계는, 조사(irradiation)를 통해 조형 재료의 적어도 일부분을 적어도 부분적으로 경화시키는 것을 포함한다.

[0014] [0011] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 조형 재료는 조형대 상에 증착된 후에 치밀화된다.

[0015] [0012] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 조형 재료는 압력차를 통해 광중합체 수지의 적어도 일부분을 제거함으로써 치밀화된다.

[0016] [0013] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 증착하는 단계는, 조형 재료의 하나 이상의 층들을 생성하기 위해 슬롯 다이를 사용하는 것을 포함한다.

[0017] [0014] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 슬롯 다이는 층들 중의 이전에 증착된 층의 층 평탄도의 편차의 더 넓은 범위에 걸쳐 층들 중의 한 층의 균일성을 증가시키도록 수정된다.

[0018] [0015] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 슬롯 다이의 수정은 그 슬롯 다이의 안정적인 비드 영역을 확대하는 것을 포함한다.

[0019] [0016] 개시된 방법의 일부 실시예들에서,

[0020] 증착하는 단계는 조형 재료의 층을 생성하는 것을 포함하고,

[0021] 선택적으로 처리하는 단계는, 조사를 통해 조형 재료의 적어도 일부분을 적어도 부분적으로 경화시키는 것을 포함하며, 조형 재료는 조사 하에서 상태 변화가 일어나는 감광성 성분을 포함하며, 그리고

[0022] 3차원 대상물을 형성하기 위해 증착 및 선택적 처리를 반복한다.

[0023] [0017] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 상태 변화는 경화를 확인하기 위해 검출되는 색 변화를 포함한다.

[0024] [0018] 여기에 개시된 다른 양태에 따르면, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법이 제시되며, 이 방법은,

[0025] 조형 재료를 조형대 상에 증착하는 단계;

[0026] 조형 재료를 치밀화하는 단계; 및

[0027] 3차원 대상물을 형성하기 위해 조형 재료를 선택적으로 처리하는 단계를 포함한다.

[0028] [0019] 개시된 방법의 일부 실시예들에서,

[0029] 상기 증착하는 단계는 조형 재료의 층을 조형대 상에 증착하는 것을 포함하고,

[0030] 치밀화하는 단계는 조형 재료의 층을 치밀화하는 것을 포함하며;

- [0031] 선택적으로 처리하는 단계는, 조형 재료의 층을 선택적으로 처리하는 것을 포함하며; 그리고
- [0032] 본 방법은, 3차원 대상물을 형성하기 위해 층 상에 적층되는 조형 재료의 하나 이상의 층들의 증착, 치밀화 및 선택적 처리를 반복하는 단계를 더 포함한다.
- [0033] [0020] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 조형 재료는 분말 재료와 캐리어 유체의 혼합물을 포함한다.
- [0034] [0021] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 증착하는 단계는 슬롯 다이 코팅을 통해 조형 재료를 증착하는 것을 포함한다.
- [0035] [0022] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 증착하는 단계는 블레이드 코팅을 통해 조형 재료를 증착하는 것을 포함한다.
- [0036] [0023] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 증착하는 단계는 패치(patch) 코팅을 통해 조형 재료를 증착하는 것을 포함한다.
- [0037] [0024] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 치밀화하는 단계는 조형 재료 내의 분말 재료의 로딩(loading) 밀도를 증가시키는 것을 포함한다.
- [0038] [0025] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 치밀화하는 단계는 조형 재료로부터 캐리어 유체의 적어도 일부분을 제거하는 것을 포함한다.
- [0039] [0026] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 제거는 조형대를 통해 조형 재료로부터 캐리어 유체의 적어도 일부분을 흡입하는 것을 포함한다.
- [0040] [0027] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 제거는 조형대에 초음파를 가하여 조형 재료로부터 캐리어 유체의 적어도 일부분을 제거하는 것을 포함한다.
- [0041] [0028] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 제거는 조형 재료로부터 캐리어 유체의 적어도 일부분을 열적으로 증발시키는 것을 포함한다.
- [0042] [0029] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 캐리어 유체는 필러(filler) 재료 및 백본(backbone) 재료를 포함하고, 제거는 필러 재료만의 적어도 일부분을 제거하는 것을 포함한다.
- [0043] [0030] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 제거는 증발을 통해 필러 재료의 적어도 일부분을 제거하는 것을 포함한다.
- [0044] [0031] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 본 방법은 선택적으로 처리하는 단계 전에, 조형대에 초음파를 가하여 분말 재료를 침전시키는 단계를 더 포함한다.
- [0045] [0032] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 조형 재료는 내부에 복수의 기포들이 형성되어 있는 발포체(foam)를 포함한다.
- [0046] [0033] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 치밀화하는 단계는 발포체 내의 기포들의 적어도 일부를 붕괴시키는 것을 포함한다.
- [0047] [0034] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 붕괴는 조형대를 통해 조형 재료에 흡입을 가하는 것을 포함한다.
- [0048] [0035] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 붕괴는 조형 재료에 초음파 교반을 가하는 것을 포함한다.
- [0049] [0036] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 붕괴는 조형 재료에 열을 가하는 것을 포함한다.
- [0050] [0037] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 치밀화하는 단계는 조형 재료에 치밀화 유체를 가하는 것을 포함하고, 그 치밀화 유체는 캐리어 유체와 반응하여 가스 생성물을 생성하고 조형 재료의 유체 부피를 감소시킨다.
- [0051] [0038] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 캐리어 유체는 광중합체 수지를 포함하고, 선택적으로 처리하는 단계는 조사를 통해 조형 재료의 적어도 일부분을 적어도 부분적으로 경화시키는 것을 포함한다.
- [0052] [0039] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 적어도 부분적으로 경화시키는 것은, 3차원 대상물의 디지털 모델의 2차원 슬라이스에 따라 조형 재료를 조사하는 것을 포함한다.
- [0053] [0040] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 선택적으로 처리하는 단계는, 조형 재료의 적어도 하나의 타겟 영역

상에 보충 조형 재료를 증착하는 것을 포함한다.

- [0054] [0041] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 치밀화하는 단계는, 조형 재료가 치밀화 후에 실질적으로 젖은 상태로 유지되도록 조형 재료를 치밀화하는 것을 포함한다.
- [0055] [0042] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 치밀화하는 단계는, 조형 재료에 복수의 공극들이 형성되고 또한 분말 재료가 치밀화 후에 젖은 상태로 유지되도록 조형 재료를 치밀화하는 것을 포함한다.
- [0056] [0043] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 보충 조형 재료는 타겟 영역에서 분말 재료를 결합시키기 위한 경화 반응, 고화 반응 또는 이들의 조합을 가능하게 하도록 되어 있다.
- [0057] [0044] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 타겟 영역은 3차원 대상물의 디지털 모델의 2차원 슬라이스에 따른다.
- [0058] [0045] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 보충 조형 재료는 타겟 영역에서 분말 재료를 결합시키기 위한 광경화 반응을 가능하게 하도록 되어 있다.
- [0059] [0046] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 선택적으로 처리하는 단계는, 조형 재료를 비선택적 방식으로 조사하는 것을 포함한다.
- [0060] [0047] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 보충 조형 재료는 광경화성 수지를 포함한다.
- [0061] [0048] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 보충 조형 재료 및 캐리어 유체는 함께 백본 수지 및 광개시제를 포함하는 광경화성 수지를 제공한다.
- [0062] [0049] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 보충 조형 재료는 타겟 영역에서 분말 재료를 결합시키기 위한 열 경화 반응을 가능하게 하도록 되어 있다.
- [0063] [0050] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 선택적으로 처리하는 단계는, 조형 재료를 비선택적 방식으로 가열하는 것을 포함한다.
- [0064] [0051] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 보충 조형 재료는 열경화성 수지를 포함한다.
- [0065] [0052] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 보충 조형 재료 및 캐리어 유체는 함께 백본 수지 및 열 개시제를 포함하는 열경화성 수지를 제공한다.
- [0066] [0053] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 보충 조형 재료는 타겟 영역에서 분말 재료를 결합시키기 위한 수동 경화 반응을 가능하게 하도록 되어 있다.
- [0067] [0054] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 보충 조형 재료는 수동 경화성 수지를 포함한다.
- [0068] [0055] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 보충 조형 재료 및 캐리어 유체는 함께 백본 수지 및 열 개시제를 포함하는 수동 경화성 수지를 제공한다.
- [0069] [0056] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 보충 조형 재료는, 증착 동안에 용융되고 적어도 캐리어 유체에 의한 열 흡수를 통한 냉각시에 고화되는 왁스를 포함한다.
- [0070] [0057] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 보충 조형 재료는, 증착 동안에 용융되고 광경화, 열경화, 수동 경화 또는 이들의 조합을 통해 증착시에 경화되는 단량체를 포함한다.
- [0071] [0058] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 보충 조형 재료는 경화 반응을 억제하도록 되어 있고 캐리어 유체는 경화성 재료를 포함한다.
- [0072] [0059] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 타겟 영역은 3차원 대상물의 디지털 모델의 2차원 슬라이스의 상보적인 이미지에 따른다.
- [0073] [0060] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 보충 조형 재료는 광경화 반응을 억제하도록 되어 있고, 캐리어 유체는 광경화성 재료를 포함한다.
- [0074] [0061] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 선택적으로 처리하는 단계는, 조형 재료를 비선택적 방식으로 조사하는 것을 포함한다.
- [0075] [0062] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 보충 조형 재료는 소결 억제제를 포함하고 본 방법은 선택적으로 처

리하는 단계 후에 분말 재료를 소결하는 단계를 더 포함한다.

- [0076] [0063] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 타겟 영역은 3차원 대상물과 지지 구조 사이에 있는 지지 표면 층의 디지털 모델의 2차원 슬라이스에 따른다.
- [0077] [0064] 여기에 개시된 다른 양태에 따르면, 3차원 대상물을 만들기 위한 시스템이 제시되며, 이 시스템은 개시된 방법을 실행하기 위한 수단을 포함한다.
- [0078] [0065] 여기에 개시된 다른 양태에 따르면, 3차원 대상물을 만들기 위한 장치가 제시되며, 이 장치는,
- [0079] 조형대;
- [0080] 조형대를 가로질러 병진 이동하고 조형대 또는 이전에 증착된 층 상에 조형 재료의 층을 증착하도록 구성되어 있는 증착 모듈;
- [0081] 증착 모듈과 연통하는 재료 전달 유닛; 및
- [0082] 조형 재료를 수용하고 재료 전달 유닛과 연통하는 저장부 — 재료 전달 유닛은 저장부 내의 조형 재료를 균질화하고 그 저장부로부터 조형 재료를 증착 모듈에 공급하거나 이의 조합을 수행하도록 구성되어 있음 —; 및
- [0083] 3차원 대상물의 하나의 층을 규정하기 위해, 증착된 층의 적어도 일부분을 적어도 부분적으로 경화시키기 위한 투영 모듈을 포함한다.
- [0084] [0066] 개시된 장치의 일부 실시예들에서, 재료 전달 유닛은 저장부로부터 조형 재료를 증착 모듈에 공급하기 위한 적어도 하나의 순환 펌프를 포함한다.
- [0085] [0067] 개시된 장치의 일부 실시예들에서, 재료 전달 유닛은 저장부 내의 조형 재료를 연속적으로 균질화하기 위한 하나 이상의 균질화 펌프들을 포함한다
- [0086] [0068] 개시된 장치의 일부 실시예들에서, 조형대 및 저장부는, 저장부가 증착 모듈에서 나가는 조형 재료, 조형대의 측면으로부터 배출되는 조형 재료 또는 이들의 조합을 수용하도록 위치된다.
- [0087] [0069] 개시된 장치의 일부 실시예들에서, 조형대는 복수의 세공들(pore)이 형성되어 있는 조형대 작업 표면을 포함한다
- [0088] [0070] 개시된 장치의 일부 실시예들에서, 조형 재료는 분말 재료와 광중합체 수지의 혼합물을 포함하고, 조형 재료의 증착된 층의 광중합체 수지는 층이 치밀화되도록 복수의 세공들을 통해 적어도 부분적으로 제거된다.
- [0089] [0071] 여기에 개시된 다른 양태에 따르면, 고체 자유형상 제작 시스템을 만들기 위한 방법이 제시되며, 이 방법은,
- [0090] 조형대를 구축하는 단계;
- [0091] 조형 재료를 조형대에 증착하기 위한 조형 재료 유닛을 구성하는 단계; 및
- [0092] 3차원 대상물을 형성하기 위해 조형 재료를 선택적으로 처리하기 위한 선택적 처리 유닛을 구축하는 단계를 포함한다.
- [0093] [0072] 개시된 방법의 일부 실시예들에서,
- [0094] 조형 재료 유닛은 조형대 상에 조형 재료의 층을 증착하고 그 조형 재료의 층을 치밀화하도록 구성되며,
- [0095] 선택적 처리 유닛은 조형 재료의 층을 선택적으로 처리하도록 구성되고; 그리고
- [0096] 조형 재료 유닛 및 선택적 처리 유닛은 3차원 대상물을 형성하기 위해 층 상에 적층되는 조형 재료의 하나 이상의 층들의 증착, 치밀화 및 선택적 처리를 함께 그리고 반복적으로 수행하도록 구성되어 있다.
- [0097] [0073] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 조형 재료는 분말 재료와 캐리어 유체의 혼합물을 포함한다.
- [0098] [0074] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 조형 재료 유닛은 조형대와 결합되고, 조형대를 통해 조형 재료로부터 캐리어 유체의 적어도 일부분을 제거하도록 구성된다.
- [0099] [0075] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 캐리어 유체는 광중합체 수지를 포함하고, 선택적 처리 유닛은 조사를 통해 조형 재료의 적어도 일부분을 적어도 부분적으로 경화시키도록 구성된다.

- [0100] [0076] 여기에 개시된 다른 양태에 따르면, 고체 자유형상 제작 시스템을 만들기 위한 시스템이 제시되며, 이 시스템은 개시된 방법을 실행하기 위한 수단을 포함한다.
- [0101] [0077] 여기에 개시된 다른 양태에 따르면, 이미징 표면 상으로 이미지를 고해상도로 조사(irradiating)하기 위한 장치가 제시되며, 이 장치는
- [0102] 스캔 방향으로 정렬된 조명원 그룹들의 어레이를 포함하고,
- [0103] 각 조명원 그룹은 교차 스캔 방향으로 정렬된 조명원 부분 세트들의 어레이를 포함하고,
- [0104] 각 조명원 부분 세트는 복수의 조명원들을 포함하며,
- [0105] 각 조명원 부분 세트 내의 조명원들은 스캔 방향으로 분포되고, 영 보다 크고 교차 스캔 방향으로의 각 조명원의 폭 보다 크지 않는 오프셋 거리만큼 교차 스캔 방향으로 이동되며, 그리고
- [0106] 본 장치는, 조명원 그룹들의 어레이와 이미징 표면 사이에 위치되고 조명원 그룹들의 어레이로부터의 조사선을 이미징 표면 상에 투영하도록 구성되어 있는 투영 광학 기구를 또한 포함하며,
- [0107] 이미징 표면에는 픽셀 영역들의 어레이가 규정되어 있고, 각 픽셀 영역은, 조명원들 중의 적어도 하나에 의해 각기 이미징되는 이미지들의 어레이를 포함하고,
- [0108] 조사선은, 조명원 그룹들의 어레이가 픽셀 영역들을 이미징하도록 스캔 방향으로 병진 이동되고, 각 픽셀 영역은 조명원 부분 세트들 중의 적어도 하나에 의해 전체적으로 이미징된다.
- [0109] [0078] 개시된 장치의 일부 실시예들에서, 교차 스캔 방향으로 있는 픽셀 영역들의 수는 각 조명원 그룹의 조명원 부분 세트들의 수 보다 크지 않다.
- [0110] [0079] 개시된 장치의 일부 실시예들에서, 오프셋 거리는 교차 스캔 방향으로의 각 조명원의 폭과 같다.
- [0111] [0080] 개시된 장치의 일부 실시예들에서, 오프셋 거리는 교차 스캔 방향으로의 각 조명원의 폭보다 작다.
- [0112] [0081] 개시된 장치의 일부 실시예들에서, 조명원 그룹들의 어레이는 마이크로 발광 다이오드(마이크로 LED) 칩에 통합되고, 각 조명원은 마이크로 LED를 포함한다.
- [0113] [0082] 개시된 장치의 일부 실시예들에서, 마이크로 LED 칩 및 투영 광학 기구는 이미징 표면에 대해 스캔 방향으로 동시에 병진 이동한다.
- [0114] [0083] 개시된 장치의 일부 실시예들에서, 마이크로 LED 칩은 이미징 표면에 대해 스캔 방향으로 병진 이동하고 투영 광학 기구는 그 이미징 표면에 대해 정적이다.
- [0115] [0084] 개시된 장치의 일부 실시예들에서, 본 장치는, 교차 스캔 방향에 평행한 축선을 중심으로 회전하도록 구성되고 이미징 표면과 마이크로 LED 칩 사이에 위치되는 적어도 하나의 굴절 요소를 더 포함하며, 이 굴절 요소는 마이크로 LED 칩으로부터의 조사선을 스캔 방향으로 병진 이동시키도록 구성되어 있다.
- [0116] [0085] 개시된 장치의 일부 실시예들에서, 선택된 조명원 부분 세트는 결합이 있는 조명원을 포함하고, 결합이 있는 조명원에 대응하는 이미징 표면의 영역은, 스캔 방향으로 선택된 조명원 부분 세트들과 정렬되어 있는 다른 조명원 부분 세트에 있는 무결합 조명원에 의해 이미징된다.
- [0117] [0086] 여기에 개시된 다른 양태에 따르면, 3차원 대상물을 만들기 위한 시스템이 제시되며, 이 시스템은,
- [0118] 광경화성 재료의 하나 이상의 층들을 증착하기 위한 조형 재료 유닛; 및 3차원 대상물의 디지털 모델의 슬라이스에 따라 각 층을 경화하기 위한 개시된 장치를 포함한다.
- [0119] [0087] 여기에 개시된 다른 양태에 따르면, 광경화성 재료를 경화하기 위한 방법이 제시되며, 이 방법은,
- [0120] 스캔 방향으로 정렬된 조명원 그룹들의 어레이로 광경화성 재료를 조사하는 단계를 포함하고,
- [0121] 각 조명원 그룹은 교차 스캔 방향으로 정렬된 조명원 부분 세트들의 어레이를 포함하고,
- [0122] 각 조명원 부분 세트는 복수의 조명원들을 포함하며,
- [0123] 각 조명원 부분 세트 내의 조명원들은 스캔 방향으로 분포되고, 영 보다 크고 교차 스캔 방향으로의 각 조명원의 폭 보다 크지 않는 오프셋 거리만큼 교차 스캔 방향으로 이동되며; 그리고
- [0124] 광경화성 재료에는 픽셀 영역들의 어레이가 규정되어 있고, 각 픽셀 영역은 조명원들 중의 적어도 하나에 의해

각기 이미징되는 이미지들의 어레이를 포함하고,

- [0125] 본 방법은, 조명원 그룹들의 어레이가 픽셀 영역들을 이미징하도록 조명원 그룹들의 어레이로부터의 조사선을 스캔 방향으로 병진 이동시키는 단계를 더 포함하고, 각 픽셀 영역은 조명원 부분 세트들 중의 적어도 하나에 의해 전체적으로 이미징된다.
- [0126] [0088] 여기에 개시된 다른 양태에 따르면, 생체의 피부에 들어가기 위한 바늘이 제시되며, 이 바늘은 다공성 팁 부분을 포함한다.
- [0127] [0089] 개시된 바늘의 일부 실시예들에서, 팁 부분에는, 이 팁 부분을 통과하는 루멘(lumen)이 형성되어 있지 않다.
- [0128] [0090] 개시된 바늘의 일부 실시예들에서, 팁 부분에는, 복수의 세공들, 및 유체가 팁 부분을 통해 흐를 수 있도록 세공들 사이에 있는 하나 이상의 통로들이 형성되어 있다.
- [0129] [0091] 개시된 바늘의 일부 실시예들에서, 팁 부분에는, 혈액의 고형 성분의 크기보다 작은 크기의 복수의 세공들이 형성되어 있고, 그래서 고형 성분은 세공들을 통과하지 못한다.
- [0130] [0092] 개시된 바늘의 일부 실시예들에서, 복수의 세공들 각각은 100 나노미터 내지 10 미크론의 직경을 갖는다.
- [0131] [0093] 여기에 개시된 다른 양태에 따르면, 생체의 피부에 들어가기 위한 미세 바늘이 제시되며, 이 미세 바늘은, 작업 동안에 그 바늘의 삽입 방향에 수직인 방향으로 개방되는 하나 이상의 세공들이 형성되어 있는 팁 부분을 포함한다.
- [0132] [0094] 개시된 바늘의 일부 실시예들에서, 각 세공은 100 나노미터 내지 50 미크론의 직경을 가지며, 바늘은 3 mm 보다 짧고, 팁 부분은 10 미크론 내지 250 미크론의 길이 및 10 미크론 이하의 팁 반경을 갖는다.
- [0133] [0095] 여기에 개시된 다른 양태에 따르면, 3차원 대상물을 만들기 위한 장치가 제시되며, 이 장치는,
- [0134] 조형대;
- [0135] 조형대 또는 이전에 증착된 층들 상에 조형 재료의 복수의 층들을 증착하도록 구성된 증착 모듈; 및
- [0136] 3차원 대상물을 형성하기 위해, 증착된 층들의 적어도 일부의 적어도 일부분을 수정하기 위한 선택적 처리 유닛을 포함하고,
- [0137] 조형 재료는 분말 재료와 액체 성분의 혼합물을 포함하고, 조형 재료의 액체 성분은 층이 치밀화되도록 그 증착된 층으로부터 적어도 부분적으로 제거된다.
- [0138] [0096] 개시된 장치의 일부 실시예들에서, 액체 성분은 광중합체 수지를 포함한다.
- [0139] [0097] 개시된 장치의 일부 실시예들에서, 선택적 처리 유닛은 광중합체 수지를 조사하도록 구성되어 있다.
- [0140] [0098] 여기에 개시된 다른 양태에 따르면, 3차원 대상물을 만들기 위한 장치가 제시되며, 이 장치는,
- [0141] 조형대;
- [0142] 조형대 또는 이전에 증착된 층들 상에 조형 재료의 복수의 층들을 증착하도록 구성된 증착 모듈; 및
- [0143] 3차원 대상물을 형성하기 위해, 증착된 층들의 적어도 일부의 적어도 일부분을 수정하기 위한 선택적 처리 유닛을 포함하고,
- [0144] 조형대는 복수의 세공들이 형성되는 조형대 작업 표면을 규정하고,
- [0145] 조형 재료는 분말 재료와 액체 성분의 혼합물을 포함하고, 조형 재료의 액체 성분은 층이 치밀화되도록 그 증착된 층으로부터 복수의 세공들을 통해 적어도 부분적으로 제거된다.
- [0146] [0099] 개시된 장치의 일부 실시예들에서, 액체 성분은 광중합체 수지를 포함한다.
- [0147] [0100] 개시된 장치의 일부 실시예들에서, 선택적 처리 유닛은 광중합체 수지를 조사하도록 구성되어 있다.
- [0148] [0101] 여기에 개시된 다른 양태에 따르면, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법이 제시되며, 이 방법은,
- [0149] 개시된 방법을 사용하여 적어도 하나의 부품 및 부품 트레이를 각각 만드는 단계;

- [0150] 부품 트레이를 소결하는 단계 — 소결된 부품 트레이의 기하학적 구조는 소결 전의 부품의 기하학적 구조에 상보적임 —;
- [0151] 부품을 부품 트레이 안으로 싣는 단계; 및
- [0152] 부품 트레이에서 부품을 소결하는 단계를 포함한다.
- [0153] [0102] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 싣는 단계는, 부품 트레이를 통해 가해지는 진공 흡입을 통해 부품을 부품 트레이 안으로 싣는 것을 포함한다.
- [0154] [0103] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 부품 트레이를 소결하는 단계는, 소결된 부품 트레이가 다공성을 가지며 또한 그 부품 트레이에 적어도 하나의 부품 각각의 크기보다 작은 크기를 갖는 세공들이 형성되도록 부품 트레이를 소결하는 것을 포함하고, 진공 흡입은 세공들을 통해 가해진다.
- [0155] [0104] 개시된 방법의 일부 실시예들에서,
- [0156] 만드는 단계는 복수의 부품들을 만드는 것을 포함하고; 그리고
- [0157] 싣는 단계는 복수의 부품들을 동시에 부품 트레이 안으로 싣는 것을 포함한다.
- [0158] [0105] 여기에 개시된 다른 양태에 따르면, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법이 제시되며, 이 방법은,
- [0159] 개시된 방법을 사용하여 도구와 부품을 각각 만드는 단계; 및
- [0160] 도구를 사용하여 부품의 기하학적 구조를 수정하는 단계를 포함한다.
- [0161] [0106] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 수정하는 단계는,
- [0162] 도구와 부품을 전해 용액에 침지시키는 것; 및
- [0163] 부품으로부터 재료의 적어도 일부분을 제거하기 위해 도구와 부품에 걸쳐 전류를 가하는 것을 포함한다.
- [0164] [0107] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 도구를 만드는 단계는, 목표된 기하학적 구조를 부품에 부여하기 위한 도구의 필요한 표면을 결정하기 위해 부품에 대한 목표된 기하학적 구조의 하나 이상의 표면들에 상보적인 도구의 기하학적 구조를 디지털 모델에서 결정하는 것을 포함한다.
- [0165] [0108] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 도구는 다공성을 갖는다.
- [0166] [0109] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 도구를 만드는 단계는, 그 도구의 소결 온도를 제어함으로써 도구의 다공률을 제어하는 것을 포함한다.
- [0167] [0110] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 도구에는, 세공들의 기하학적 구조가 수정을 통해 부품에 부여되지 않도록, 또한 수정 동안에 전해 용액이 세공들의 적어도 일부를 통해 흐르도록 해주는 크기를 갖는 세공들이 형성되어 있다.
- [0168] [0111] 여기에 개시된 다른 양태에 따르면, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법이 제시되며, 이 방법은,
- [0169] 고체 자유형상 제작을 사용하여 적어도 하나의 부품 및 부품 트레이를 각각 만드는 단계;
- [0170] 부품 트레이를 소결하는 단계 — 소결된 부품 트레이의 기하학적 구조는 소결 전의 부품의 기하학적 구조에 상보적임 —;
- [0171] 부품을 부품 트레이 안으로 싣는 단계; 및
- [0172] 부품 트레이에서 부품을 소결하는 단계를 포함한다.
- [0173] [0112] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 싣는 단계는, 부품 트레이를 통해 가해지는 진공 흡입을 통해 부품을 부품 트레이 안으로 싣는 것을 포함한다.
- [0174] [0113] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 부품 트레이를 소결하는 단계는, 소결된 부품 트레이가 다공성을 가지며 또한 그 부품 트레이에 적어도 하나의 부품 각각의 크기보다 작은 크기를 갖는 세공들이 형성되도록 부품 트레이를 소결하는 것을 포함하고, 진공 흡입은 세공들을 통해 가해진다.
- [0175] [0114] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 만드는 단계는 복수의 부품들을 만드는 것을 포함하고; 그리고 싣는 단계는 복수의 부품들을 동시에 부품 트레이 안으로 싣는 것을 포함한다.

- [0176] [0115] 여기에 개시된 다른 양태에 따르면, 3차원 대상물을 만들기 위한 방법이 제시되며, 이 방법은,
- [0177] 고체 자유형상 제작을 사용하여 도구와 부품을 각각 만드는 단계; 및
- [0178] 도구를 사용하여 부품의 기하학적 구조를 수정하는 단계를 포함한다.
- [0179] [0116] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 수정하는 단계는, 도구와 부품을 전해 용액에 침지시키는 것; 및 부품으로부터 재료의 적어도 일부분을 제거하기 위해 도구와 부품에 걸쳐 전류를 가하는 것을 포함한다.
- [0180] [0117] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 도구를 만드는 단계는, 목표된 기하학적 구조를 부품에 부여하기 위한 도구의 필요한 표면을 결정하기 위해 부품에 대한 목표된 기하학적 구조의 하나 이상의 표면들에 상보적인 도구의 기하학적 구조를 디지털 모델에서 결정하는 것을 포함한다.
- [0181] [0118] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 도구는 다공성을 갖는다.
- [0182] [0119] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 도구를 만드는 단계는, 그 도구의 소결 온도를 제어함으로써 도구의 다공률을 제어하는 것을 포함한다.
- [0183] [0120] 개시된 방법의 일부 실시예들에서, 도구에는, 세공들의 기하학적 구조가 수정을 통해 부품에 부여되지 않도록, 또한 수정 동안에 전해 용액이 세공들의 적어도 일부를 통해 흐르도록 해주는 크기를 갖는 세공들이 형성되어 있다.
- [0184] [0121] 본 발명의 추가 특징들은 첨부된 도면과 함께 취해진 본 발명에 대한 이하의 상세한 설명으로부터 보다 쉽게 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0185] [0122] 본 발명의 바람직한 실시예들은 도면을 참조하여 이하에서 설명될 것이다.
- [0123] 도 1은 현재 개시된 주제의 일 실시예에 따른 고체 자유형상 제작을 위한 기계의 입면 우측 사시도이다.
- [0124] 도 2는 도 1의 기계의 입면 좌측 사시도이다.
- [0125] 도 3은 도 1의 기계의 단면도이다.
- [0126] 도 4는 도 2의 기계의 단면도이다.
- [0127] 도 5는 도 1의 기계에 사용되는 재료 증착 시스템의 입면 사시도이다.
- [0128] 도 6은 도 5의 재료 증착 시스템의 단면도이다.
- [0129] 도 7은 제1 구성으로 있는 도 5의 재료 증착 시스템의 일부분의 단면도이다.
- [0130] 도 8은 제2 구성으로 있는 도 5의 재료 증착 시스템의 일부분의 단면도이다.
- [0131] 도 9는 제3 구성으로 있는 도 5의 재료 증착 시스템의 일부분의 단면도이다.
- [0132] 도 10은 제4 구성으로 있는 도 5의 재료 증착 시스템의 일부분의 단면도이다.
- [0133] 도 11은 도 1의 기계의 제1 펌핑 시스템을 아래쪽에서 본 사시도이다.
- [0134] 도 12는 도 1의 기계의 제2 펌핑 시스템을 아래쪽에서 본 사시도이다.
- [0135] 도 13은 도 1의 기계에 의해 사용될 수 있는 재료 취급 공정의 제1 단계의 개략도이다.
- [0136] 도 14는 도 1의 기계에 의해 사용될 수 있는 재료 취급 공정의 제2 단계의 개략도이다.
- [0137] 도 15는 도 1의 기계에 의해 사용될 수 있는 재료 취급 공정의 제3 단계의 개략도이다.
- [0138] 도 16은 도 1의 기계에서 사용되는 조형대의 구현예의 입면 사시도이다.
- [0139] 도 17은 도 16의 조형대의 단면도이다.
- [0140] 도 18은 부분적으로 완성된 조형물을 갖는 도 16의 조형대의 입면 사시도이다.
- [0141] 도 19는 완성된 조형물을 갖는 도 16의 조형대의 입면 사시도이다.

[0142] 도 20은 완성된 조형물을 도 16의 조형대에서 처리하기 위한 시스템의 제1 구성의 입면 사시도이다.

[0143] 도 21은 도 20의 시스템 단면도이다.

[0144] 도 22는 완성된 조형물을 갖는 도 16의 조형대의 정상 섹션의 입면 사시도이다.

[0145] 도 23은 잉여 재료를 제거하기 위한 공정의 완료 후에, 완성된 조형물을 갖는 도 16의 조형대의 정상 섹션의 입면 사시도이다.

[0146] 도 24는 소결을 위해 인쇄된 부품 배치(batch)를 제거하기 위한 시스템의 제1 구성을 아래쪽에서 본 사시도이다.

[0147] 도 25는 소결을 위해 인쇄된 부품의 배치를 제거하기 위한 시스템의 제2 구성을 아래쪽에서 본 사시도이다.

[0148] 도 26은 도 25의 시스템의 단면도이다.

[0149] 도 27은 도 1의 기계에 의해 제조된 부품들 및/또는 도구를 이해할 수 있는 부품 마무리 공정의 제 1 단계의 개략도이다.

[0150] 도 28은 도 1의 기계에 의해 제조된 부품들 및/또는 도구를 이용할 수 있는 부품 마무리 공정의 제 2 단계의 개략도이다.

[0151] 도 29는 도 1의 기계에 의해 제조된 부품들 및/또는 도구를 이용할 수 있는 부품 마무리 공정의 제3 단계의 개략도이다.

[0152] 도 30은 대상물의 고체 자유형상 제작을 위한 시스템을 도시하는 예시적인 다이어그램이다.

[0153] 도 31은 도 30의 시스템에 기반한 고체 자유형상 제작 방법의 일 실시예를 도시하는 예시적인 정상 레벨 흐름도이다.

[0154] 도 32는 대상물이 하나 이상의 층들을 포함하는, 도 30의 시스템의 대안적인 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램이다.

[0155] 도 33은 도 32의 시스템에 기반한 고체 자유형상 제작 방법의 일 실시예를 도시하는 예시적인 흐름도이다.

[0156] 도 34는 도 32의 시스템에 기반한 고체 자유형상 제작 방법의 대안적인 실시예를 도시하는 예시적인 흐름도로서, 그 방법은 조형 재료를 치밀화하는 단계를 포함한다.

[0157] 도 35a 및 35b는 도 32의 시스템의 다른 대안적인 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램들로서, 초음파 유닛을 적용하기 전과 후의 조형 재료가 각각 나타나 있다.

[0158] 도 36a 및 36b는 도 32의 시스템의 다른 대안적인 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램으로서, 초음파 유닛을 적용하기 전과 후의 조형 재료가 각각 나타나 있고, 그 초음파 유닛은 분말을 침전시킨다.

[0159] 도 37은 도 32의 시스템의 또 다른 대안적인 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램으로서, 그 시스템은 증발 유닛을 포함한다.

[0160] 도 38a-38c는 도 32의 시스템에서 조형 재료를 치밀화하는 예시적인 공정을 도시하는 예시적인 다이어그램들이다.

[0161] 도 39a 및 39b는 도 32의 시스템의 다른 대안적인 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램으로서, 치밀화 유체를 가하기 전과 후의 조형 재료가 각각 나타나 있다.

[0162] 도 40은 도 30의 시스템에 기반한 고체 자유형상 제작 방법의 대안적인 실시예를 도시하는 예시적인 흐름도로서, 그 방법은 조사(irradiation)에 기반한다.

[0163] 도 41은 도 32의 시스템의 또 다른 대안적인 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램으로서, 그 시스템은 선택적 증착 유닛을 포함한다.

[0164] 도 42a 및 42b는 도 41의 시스템을 도시하는 예시적인 다이어그램으로서, 건식 및 습식 분말 상에의 보충 조형 재료의 증착이 각각 나타나 있다.

[0165] 도 43은 도 30의 시스템에 기반한 고체 자유형상 제작 방법의 다른 대안적인 실시예를 도시하는 예시적인 흐름도로서, 그 방법은 보충 조형 재료를 증착하는 것을 포함한다.

[0166] 도 44는 도 41의 시스템의 대안적인 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램으로서, 대상물은 타겟 영역에 기반하여 형성된다.

[0167] 도 45는 도 41의 시스템의 다른 대안적인 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램으로서, 대상물은 비타겟 영역에 기반하여 형성된다.

[0168] 도 46은 도 41의 시스템의 또 다른 대안적인 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램으로서, 대상물은 지지 표면 층에 기반하여 형성된다.

[0169] 도 47-56은 도 41의 시스템의 일 실시예를 도시하는 다양한 상세도들이다.

[0170] 도 57은 제작 시스템의 일 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램으로서, 그 시스템은 이미징 유닛을 포함한다.

[0171] 도 58은 도 57의 이미징 유닛의 일 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램으로서, 그 이미징 유닛은 복수의 조명원 그룹들을 포함한다.

[0172] 도 59는 도 58의 이미징 유닛에 의해 생성된 이미지 그룹들을 도시하는 예시적인 다이어그램이다.

[0173] 도 60은 도 58의 이미징 유닛에 의해 생성된 픽셀 영역을 도시하는 예시적인 다이어그램이다.

[0174] 도 61은 도 57의 이미징 유닛의 대안적인 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램으로서, 그 이미징 유닛은 복수의 조명원 그룹들을 포함하고, 조명원의 크기는 도 61과 도 58 간에 상이하다.

[0175] 도 62는 도 58의 이미징 유닛에 의해 생성된 이미지 그룹들을 도시하는 예시적인 다이어그램이다.

[0176] 도 63은 도 58의 이미징 유닛에 의해 생성된 픽셀 영역을 도시하는 예시적인 다이어그램이다.

[0177] 도 64는 도 57의 이미징 유닛의 다른 대안적인 실시예에 의해 생성된 이미지들의 어레이를 도시하는 예시적인 다이어그램이다.

[0178] 도 65는 도 57의 이미징 유닛의 또 다른 대안적인 실시예에 의해 생성된 이미지들의 어레이를 도시하는 예시적인 다이어그램으로서, 이미지의 크기는 도 65와 도 64 간에 상이하다.

[0179] 도 66-70은 도 57의 시스템의 다양한 실시예들을 도시하는 예시적인 다이어그램이다.

[0180] 도 71은 도 30의 시스템에 의해 만들어진 부품의 일 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램이다.

[0181] 도 72는 도 71의 부품의 대안적인 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램으로서, 그 부품에는 세공들이 형성되어 있다.

[0182] 도 73은 도 71의 부품의 다른 대안적인 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램으로서, 그 부품의 팁 섹션에 세공들이 형성되어 있다.

[0183] 도 74는 도 30의 시스템에 의해 만들어진 부품의 일 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램으로서, 그 부품은 혈관에 들어가도록 구성된다.

[0184] 도 75는 도 74의 부품의 대안적인 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램으로서, 그 부품의 팁 섹션에 세공들이 형성되어 있다.

[0185] 도 76은 도 30의 시스템에 의해 만들어진 부품의 일 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램으로서, 그 부품에는 측방향으로 배향되는 하나 이상의 세공들이 형성되어 있다.

[0186] 도 77은 도 30의 시스템에 의해 만들어진 미세 바늘 어레이의 일 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램이다.

[0187] 도 78은 도 30의 시스템을 제어하기 위한 제어 시스템의 일 실시예를 도시하는 예시적인 다이어그램이다.

[0188] 도들은 축척에 따라 그려져 있지 않으며 유사한 구조 또는 기능의 요소들은 일반적으로 도면 전체에서 예시적인 목적으로 유사한 참조 번호들로 표시되어 있다는 점을 유의해야 한다. 또한, 도들은 바람직한 실시예들의 설명을 용이하게 하기 위한 것일 뿐이라는 점을 유의해야 한다. 도들은 설명된 실시예들의 모든 양태를

도시하는 것은 아니며 또한 본 개시의 범위를 한정하지 않는다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0186] [0189] 여기서 설명되는 실시예들은 일반적으로 매우 다양한 재료로부터 대상물의 고체 자유형상 제작을 위한 장치들 및 방법들에 관한 것이다. 예시적인 재료들은 금속, 플라스틱, 세라믹, 및/또는 하나 이상의 종류의 재료들의 조합을 포함하는 복합 재료들과 같은 재료들을 포함할 수 있다.
- [0187] [0190] 스테레오리소그래피(SLA; stereolithography) 제작은 광중합체 수지와 중합 방사선원을 사용하여 3차원 대상물들을 제조한다. 슬러리 공급 원료를 사용하여 분말 복합 재료 부품들을 제조하는 일부 접근법들이 개발되었으며, 그 분말 복합 재료 부품들은 고체 금속 또는 세라믹 구성품들을 제조하기 위해 추가로 처리될 수 있다. 이러한 접근법들 중의 많은 것들은 속도와 부품 품질 사이의 내재된 설계 절충(tradeoff)을 갖는다. 도 1-4는 이들 제약들을 극복하도록 설계된 시스템(100)을 나타낸다.
- [0188] [0191] 이 시스템은 광중합체 수지와 분말의 임의의 혼합물을 처리하기 위해 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 그 혼합물은 슬러리의 형태일 수 있다. 일부 경우들에서, 분말 복합 재료 구성품이 이 방법에 의해 제조될 수 있으며, 그런 다음에 그 구성품은 중합체 결합제를 제거하고 분말 재료를 고체 구성품으로 소결하기 위해 후 처리된다. 분말 재료는 금속이나 세라믹 또는 소결 가능한 재료(들)의 어떤 조합이라도 될 수 있다.
- [0189] [0192] 일 예시적인 실시예에서, 이 시스템은 재료 증착 시스템(130) 및, 선택적으로, 재료를 증착하고 조형대(build platform) 작업 표면(162) 상에서 재료가 축적될 수 있는 위치를 제어하기 위한 하나 이상의 공기 블레이드들(140, 150)을 포함한다. 다양한 실시예들에서, 본 개시에서 설명되는 바와 같은 공정들은 활성 작업 표면(167) 상에서 수행될 수 있다. 활성 작업 표면(167)은, 재료가 증착되고 있거나 증착될 표면을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 활성 작업 표면(167)은 예를 들어 제1 층의 증착 동안에 조형대 작업 표면(162)을 포함할 수 있다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 활성 작업 표면(167)은, 예를 들어, 제1 층 이후의 각 후속 층이 증착될 때 최외측 증착 층을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 증착 시스템(130)은 선형 가이드들(103, 105) 상에 장착되어 조형대 작업 표면(162)을 가로지르는 증착 시스템(130)의 선형 병진 이동을 가능하게 할 수 있다. 일반적으로, 재료가 활성 작업 표면(167) 상에 증착되도록 조형대 작업 표면(162)에 대한 증착 시스템(130)의 운동을 달성하는 임의의 시스템이 현재 개시된 주제의 범위 내에서 고려되는 것으로 이해된다. 재료가 증착된 후, 투영 모듈(106)이 사용되어, 증착 층의 적어도 일부분을 적어도 부분적으로 경화하여, 인쇄된 부품의 하나의 층 또는 인쇄된 부품들의 어레이를 규정한다. 이 층 이미지는 수평면과 대상물의 3차원 디지털 표현의 교차를 계산하여 얻어질 수 있다. 추가로, 이 이미지는 격자 구조를 갖도록 또는 비접촉 지지 특징부를 포함하지만 이에 한정되지 않는 추가된 다른 지지 특징부들을 갖도록 수정될 수 있으며, 다음 도들에서 더 상세히 설명되는 바와 같이, 그 지지 특징부들은, 층 이미지(들)에서, 인쇄되고 있는 부품들로부터 지지 특징부들을 분리하는 틈을 갖도록 설계된다. 층 이미지들을 생성하기 위해 일반적으로 허용되는 방법들을 이용하는 것으로 충분하거나, 앞에서 나열된 수정 사항들의 조합을 포함하는 것이 필요할 수 있다. 이 공정은 조형물이 완성될 때까지 반복된다.
- [0190] [0193] 공정은, 폐쇄 루프 제어를 이용하는 구성에서 피드백을 위한 데이터를 제공할 수 있고 그리고/또는 품질 제어 목적을 위한 데이터를 제공할 수 있는 카메라(104)에 의해 모니터링될 수 있다. 특히, 특정 광중합체 수지 제형들의 경우, 경화 공정의 완전성을 제어 및/또는 확인하기 위해 경화 공정 동안에 색 변화가 관찰될 수 있다. 예를 들어, 포스핀계 광개시제들을 함유하는 일부 수지 제형들은 경화 중에 투명하거나 밝은 반투명 황색에서 더 어두운 황색으로 변할 수 있다. 이 경우, 경화 동안 수지에 의한 흡수 변화에 대응하는 특정 파장의 빛으로 조형 영역을 조명할 수 있다. 조형 영역에서 나오는 빛은 카메라(104)로 이미징될 수 있으며 카메라 이미지에서 측정된 이 파장의 밝기는 경화 공정을 확인하는 데에 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 일어난 경화의 정도를 결정하기 위해 카메라로부터의 데이터를 사용하여 제어 소프트웨어에 의해 밝기 레벨이 측정될 수 있다. 일 제어 구성에서, 이는 밝기의 임계값이 카메라에 의해 관찰되고 제어 소프트웨어에 의해 검출된 후에 경화 공정을 언제 중단할지를 결정하는 데에 사용될 수 있다. 대안적인 실시예에서, 밝기 레벨이 측정되고 품질 제어 데이터로서 저장될 수 있다. 적절한 경화가 일어났음을 확인하기 위해 이 레벨이 미리 결정된 최소 값을 초과했는지의 여부를 나타내는 추가적인 메타데이터가 추가될 수 있다. 또한, 허용 가능한 값의 범위가, 카메라에 의해 관찰되고 제어 소프트웨어에 의해 측정된 밝기 레벨과 비교되어, 층이 적절하게 경화되었지만 과도하게 경화되지는 않았는지를 결정할 수 있다.
- [0191] [0194] 광중합체 수지 및 분말의 슬러리를 공급 원료로 사용하는 경우, 분말 재료가 슬러리에서 침전하고 그리고/또는 응집체(재료 층 또는 인쇄된 부품 또는 전체 부품의 어레이의 품질을 손상시킬 수 있음)를 형성할 수

있는 정도를 제한하기 위해, 이 재료를 순환, 교반 및/또는 휘젓는 것을 포함하되 이에 한정되지 않는 수단에 의해 그 재료를 균질화하는 것이 유용할 수 있다. 슬러리에 분산된 분말을 사용하는 것은 산업계에서 일반적이지만, 많은 슬러리가 재료 품질과 균일성을 유지하기 위해 일정한 균질화를 필요로 하지 않는 안정적인 현탁물에 포함될 수 있는 나노입자들을 사용한다는 점은 주목할 가치가 있다. 부가 제조의 많은 경우에, 더 큰 입자(예컨대, 0.5 미크론 내지 50 미크론 범위의 직경을 갖는) 및 더 조밀한 입자(예컨대, 금속 및/또는 세라믹)가 사용될 수 있는데, 이는 안정적인 현탁물을 생성하는 것을 훨씬 더 어렵게 한다. 다양한 실시예들에서 사용되는 예시적인 입자들은 1.5 g/cm^3 내지 20 g/cm^3 또는 1.5 g/cm^3 내지 25 g/cm^3 의 범위에 있을 수 있다. 현탁물에서, 균질화 공정이 중단된 때부터, 슬러리 또는 현탁물이 분산되어 허용 가능한 품질의 층을 형성할 만큼 더 이상 충분히 균질화되지 않을 때까지의 시간(예를 들어, 30초)을 나타내는 침전 시간이 있을 수 있다. 조형 공정 동안에 슬러리를 연속적으로 균질화함으로써, 모든 현탁물이 미리 혼합된 경우보다 더 높은 품질과 더 반복 가능한 결과들을 얻을 수 있다. 다양한 실시예들에서, 개시된 공정들의 침전 시간은 나노 입자들을 사용하는 많은 기존 슬러리에 대한 침전 시간보다 상당히 짧을 수 있다. 예시적인 침전 시간은 1 초 내지 5 분일 수 있으며, 이는 개시된 바와 같은 일부 실용적인 제조 공정들에 필요한 균질화를 이룬다. 특정 침전 시간은 입자들의 크기 및/또는 밀도와 유체의 특성(예컨대, 점도)에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 침전 시간은 유체 점도가 낮을 때 더 짧을 수 있고 유체 점도가 높을 때 더 길 수 있다. 예를 들어, 저점도 유체에서 금속 재료에 대한 침전 시간은 2 초일 수 있다. 다른 예에서, 다양한 종류의 금속 재료들에 대한 침전 시간은 각각 10 초, 30 초 또는 5 분일 수 있다. 다른 예에서, 세라믹 재료에 대한 침전 시간은 2 분일 수 있다.

[0192]

[0195] 다양한 실시예에서, 연속적인 균질화는 인쇄 공정 동안에 중단 없이 균질화 수단을 사용할 수 있다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 연속적인 균질화는 적어도 조형 재료들의 증착 바로 전에 그리고/또는 동안에 균질화 수단을 사용할 수 있으며, 다른 시간에는 일시 중지할 수 있다. 일부 실시예들에서, 공정에 일시 중지가 있는 경우, 균질화 중단과 층 증착 사이의 일시 중지 시간은 침전 시간보다 작을 필요가 있다. 다양한 실시예들에서, 이러한 순환은 일 세트의 펌프들(110, 112, 114, 116, 118)로 달성될 수 있다. 이들 펌프 중 4개(110, 112, 114, 116)는 균질화 펌프이고, 1개 펌프(118)는 순환을 위해 그리고 증착 모듈(130)에 재료를 공급하기 위해 사용된다. 다른 도들에 나타나 있는 바와 같이, 공급 펌프(118)로부터의 유출물은, 증착 모듈(130)에 대한 유입부(예를 들어, 도 5에 나타나 있는 입력 라인(132))에 연결될 수 있는 튜브(예를 들어, 도 11에 나타나 있는 출구 포트(121))를 통해 흐른다. 전체 튜브 회로가 나타나 있지 않지만, 그러한 연결이 쉽게 달성될 수 있음을 도면들로부터 이해할 수 있다. 인쇄 공정 중에 슬러리 저장부(102)는 슬러리로 충전될 수 있다. 균질화 펌프들(110, 112, 114, 116)은 그의 각각의 영역들 내의 슬러리를 균질화하도록 구성될 수 있으며, 그래서 유입 및 유출이 주어진 펌프 부근에서 일어나게 된다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 균질화 펌프들(110, 112, 114, 116)은, 한 균질화 펌프의 유출물이 다른 균질화 펌프의 유입물 쪽으로 향하도록 저장부(102) 주위에 슬러리를 순환시키도록 구성될 수 있다. 다른 도들에 나타나 있는 바와 같이, 예시적인 균질화 펌프들(110, 112, 114, 116)은 해머 분쇄 펌프들일 수 있으며, 이 펌프는 균질화 공정에서 국부적인 도넛형 유동을 생성할 수 있다. 일부 실시예들에서, 임펠러 펌프 시스템들에서 구현될 수 있는 쉬라우드(shroud) 또는 다른 유동 전환 구조와 같은 추가적인 특징부들(나타나 있지 않음)이 펌프로부터의 출력 유동을 특정 방향으로 지향시키기 위해 추가될 수 있다. 일부 실시예들에서, 저장부(102)는 내벽, 외벽 및 바닥면으로 구성되며, 이것들은 증착 모듈(130)로부터 오는 잉여 슬러리 및 조형대(160)의 측면들로부터 배출되는 잉여의 잉여 슬러리를 수용하기 위한 환형 저장부를 함께 포함한다. 증착 모듈(130)이 저장부(102) 위에 위치되면, 슬러리가 그 증착 모듈(130)에서 나가 다시 저장부(102) 안으로 떨어질 수 있다. 증착 모듈(130)이 조형대 작업 표면(162)을 가로질러 병진 이동되면, 인쇄를 위한 재료 층이 생성될 것이다. 일 예시적인 인쇄 공정은, 활성 작업 표면(167) 상에 재료 층을 생성하기 위해 한 방향으로 조형대 작업 표면(162)을 가로질러 증착 모듈(130)을 병진 이동시키는 단계, 이어서 투영 모듈(106)로 재료 층을 처리하는 단계, 조형대(160)를 한 층의 두께 만큼 낮추는 단계, 및 투영 모듈(106)에 의해 처리될 수 있는 다른 재료 층을 생성하기 위해 증착 모듈(130)을 다시 조형대 작업 표면(162)을 가로질러 병진 이동시키는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 펌프 구성 및 펌프 스타일은 예시를 위한 것이지만 제한적이지 않으며, 증착 모듈(130)에 재료를 제공하는 임의의 적절한 순환 및 균질화 시스템들이 본 명세서에 포함되는 것으로 이해된다. 일부 실시예들에서, 증착 모듈(130)의 병진 이동은 선형 액추에이터(들), 스크류 드라이브들 또는 벨트 드라이브들을 구동하는 회전식 액추에이터(들)의 임의의 조합, 또는 일반적으로 당업자에 의해 이해되는 선형 운동을 달성하기 위한 임의의 다른 방법에 의해 달성될 수 있다. 추가적으로, 일부 실시예들에서, 펌프 모터들, 조형대 운동 및 증착 모듈 운동의 제어는 표준 수단을 통해 달성될 수 있다. 도 1-4는 단지 설명된 목적을 위해 전술한 바와 같은 기능을 갖는 펌프들(110, 112, 114, 116, 118)을 포함하는 펌프 시스템을 포함하는 시스템(100)을 나타내지만, 시스템(100)은, 제한 없이, 임의의 적절한 구성품들 및/또

는 구조들을 갖는 재료 전달 유닛(108)으로 그러한 기능(들)을 구현할 수 있다. 예시적인 재료 전달 유닛(108)은 임의의 적합한 유형의 펌프들, 컨베이어들, 진공, 팬, 터빈, 혼합기, 블렌더, 처리기 및/또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 도 1-4는 단지 설명된 목적을 위해 전술한 바와 같은 기능을 갖는 펌프 (110, 112, 114, 116, 118) 를 포함하는 시스템(100)을 나타내지만, 그 시스템(100)은, 하나의 펌프 또는 임의의 적절한 수(5개보다 많거나 적은)의 균일하고/하거나 다른 펌프들을 제한 없이 포함할 수 있다. 펌프(들)의 기능은 임의의 구성들 및/또는 조합들을 통해 구현될 수 있다. 한 예에서, 펌프들 중의 하나 이상은 각각 균질화 및 순환의 기능들을 제공할 수 있다. 다른 예들에서, 하나 이상의 펌프들은 균질화 펌프들일 수 있고 하나 이상의 다른 펌프들은 순환 펌프들일 수 있다.

[0193] [0196] 한 구성에서, 증착 모듈(130)은 슬롯 다이일 수 있으며, 그에 대한 상세는 도 5 및 6에 나타나 있다. 슬롯 다이는, 입력 라인(132)을 통해 슬러리를 중심 공동부(131) 안으로 펌핑하고 또한 2개의 대향 표면들(133, 134) 사이에서 나가게 하여 기능한다. 2개의 진공 영역들(137, 138)은, 우측 진공 라인(135) 또는 좌측 진공 라인(136)을 통해 진공 압력을 가함으로써, 도 8에서 설명되는 바와 같이, 증착 공정을 개선하기 위해 사용될 수 있다.

[0194] [0197] 아래에서 더 설명하는 바와 같이, 증착 재료가 조형대 작업 표면(162) 상에 축적될 수 있는 위치를 제한하는 것이 바람직할 수 있다. 한 예로, 조형대 작업 표면(162)의 송입/송출 가장자리들(또는 표면들 또는 영역들)(164, 166)(도 16 및 17에 나타나 있음) 상에 증착 재료가 축적되는 것을 제한하는 것이 바람직할 수 있다. 중심 공동부들(144, 154) 안으로 공급하고 또한 공기가 출구 슬롯들(146, 156)을 통해 밖으로 흐를 수 있도록 하는 입구 라인들(142, 152)로 구성된 공기 블레이드들(140, 150)이 사용되어, 조형대 작업 표면(162)에서 잉여 재료를 불어내어 다음 층들에서의 재사용을 위해 다시 저장부(102) 안으로 넣을 수 있다.

[0195] [0198] 도 7-10은 슬롯 다이가 증착 모듈(130)에서 사용될 수 있는 공정 및 그러한 슬롯 다이 시스템의 성능을 개선하기 위해 이루어질 수 있는 수정예들을 나타낸다. 도 7은 표준 슬롯 다이 출구 경로를 나타내는데, 여기서 슬러리(201)는, 차례로 증착 재료의 층(206)을 생성하는 선두 메니스커스(202)와 후미 메니스커스(204)를 갖는 비드를 형성하기 전에, 슬롯 다이의 대향 면들(133, 134) 사이를 지나가는 것이 허용된다. 선두 메니스커스(202)와 후미 메니스커스(204) 사이의 비드의 부피는 그 비드의 안정적인 비드 영역을 규정할 수 있다. 이 도 및 도 8-10에서, 슬롯 다이는 좌측으로 이동하고 그 뒤에 재료 층(206)을 남긴다. 슬롯 다이 코팅에서 이해할 수 있듯이, 작업 조건들이 고정되고 공정이 대기압에서 일어나면, 층 높이에 대한 비드 높이의 비에 제한이 있다. 이 경우, 비드의 높이는 선두 메니스커스(202)의 높이로 간주된다. 도 8에 나타나 있는 바와 같이, 이 비는, 선두 메니스커스(202)를 진공 압력에 노출시키고, 슬롯 다이와 기관 사이의 높은 간극을 여전히 유지하면서 얇은 층을 생성하고, 그리고 기관에 대한 전단 응력을 낮춤으로써 증가될 수 있다. 층 높이에 대한 비드 높이의 비의 증가는 적어도 부분적으로는 진공 압력에 노출된 비드의 전방 이동으로 인한 것일 수 있다. 또한 비드 내부의 유동이 일반적으로 층류이기 때문에 전단 응력을 결정하는 데 있어 주 요인인 비드 내부의 속도 프로파일에 변화가 있다. 이러한 특징은 일반적으로 슬롯 다이 코팅에 대한 기존 용례에서 이해되며, 일부 실시예들에서 유리하게 적용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이전 도에 나타나 있는 바와 같이 좌측 진공 영역(138)에 의해 진공 압력이 제공될 수 있다.

[0196] [0199] 일부 실시예들에서, 증착 동안에 안정적인 비드를 제공하기 위해 조건들(유량, 횡단 속도, 등)이 제어될 수 있으며, 이로써, 매우 균일한 층(206)이 생성될 것이다. 그러나, 이전 층에 편차가 있으면, 슬롯 다이 증착 공정의 특성으로 인해 이러한 편차에 대한 일부 보상이 있을 수 있다. 이전 층의 낮은 영역은 슬롯 다이와 기관(200)(이 경우 이전 층) 사이의 더 큰 틈으로 이어질 것이다. 이 더 큰 틈은 비드로부터 더 많은 재료를 끌어내고, 낮은 영역을 적어도 부분적으로 보상할 더 두꺼운 층(206)을 생성할 것이다. 높은 영역에서는 반대의 거동이 보일 것이다. 이 거동에 대한 제한은 적어도 부분적으로 비드의 크기에 의해 결정되는데, 너무 많은 재료가 비드로부터 인출되면, 선두 메니스커스(202)는 더 이상 안정적이지 않을 것이며, 기포들이 층(206) 안에 포함될 수 있다. 반대로, 비드로부터 너무 작은 재료가 사용되면, 선두 메니스커스(202)는 슬롯 다이를 넘어 너무 멀리 연장되어 슬롯 다이의 각진 외부 표면에 습윤을 유발할 수 있다. 이 추가 재료는 층(206)에 직접적으로 결함을 일으킬 수 있으며, 다음 층 상으로 떨어질 수 있는 잔류 재료를 생성하여, 슬롯 다이가 반대 방향으로 조형대를 가로질러 이동할 때 다음 층에 결함을 일으킬 수 있다.

[0197] [0200] 도 9 및 10은 시스템에서 더 큰 편차 허용 오차를 도입하기 위해 증착 공정의 다른 양태들을 근본적으로 변경하지 않고 비드의 크기를 증가시키기 위해 슬러리(201) 유동 경로를 규정하는 대향 표면들(133, 134)에 대한 수정예를 나타낸다. 증착 모듈(130)(예컨대, 도 6에 나타나 있음)의 선행 속도에 대한 유량의 비가 과잉 유동이 비드를 너무 크게 만드는 것을 방지하는 범위 내에 유지되면, 선두 메니스커스(202)가 슬롯 다이를 넘어

너무 멀리 연장되어 슬롯 다이의 각진 외부 표면에 습윤을 야기하는 것이 방지될 수 있다. 이를 위해 모따기부들(chamfer)(210, 212) 또는 필렛들(fillet)(214, 216)이 슬롯 다이 표면들(133, 134)에 추가될 수 있는데, 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 원하는 효과를 얻기 위한 다른 컷아웃(cutout) 형상들이 사용될 수 있다. 슬롯 다이 표면들(133, 134)에 형성되는 모따기부들(210, 212), 필렛들(214, 216) 및/또는 다른 컷아웃 형상들은 슬롯 다이 표면들(133, 134)의 단부 영역에 규정된 개구의 크기를 확장시킬 수 있으며 또한 안정적인 비드 영역이 확대될 수 있다. 본 발명자는, 증가하는 비드 크기는 증착 모듈(130)에 의한 증착의 안정성 및/또는 균일성을 증가시킬 수 있음을 발견하였다. 종래의 슬롯 다이 코팅 용례는, 예를 들어 종이를 광택 있게 만들기 위해 종이 상의 코팅과 같은 단일 층만 코팅하거나 다수의 색 또는 코팅과 같이 대략 5개 이하의 제한된 수의 연속적인 층들을 코팅한다. 대조적으로, 개시된 시스템(100)(도 1-4에 나타나 있음)은 SFF에서 슬롯 다이 코팅을 사용할 수 있다. 예를 들어, 수백 또는 수천 개의 층들을 포함하는 복수의 층들을 증착할 때, 시스템(100)이 그러한 높은 레벨의 반복에 대해 안정적인 것을 보장하는 것이 중요하다. 따라서, SFF 용례에서 안정성을 증가시키기 위해 슬롯 다이를 수정함으로써, 시스템(100)은, SFF에 대한 용례에서 특유하게 존재하고 슬롯 다이 코팅의 다른 용례에서는 반드시 존재하는 것은 아닌 문제를 해결한다. 3차원 대상물을 만드는 데에 필요한 층들의 예시적인 수는 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000이거나 그러한 정도일 수 있다. 이러한 수는 슬롯 다이 코팅을 사용하는 임의의 다른 기술들보다 상당히 큰 것이다. 따라서, SFF에서 슬롯 다이 코팅을 사용하면, 종래의 슬롯 다이 코팅 기술에서 직면되지 않은 또는 해결되지 않은 특유의 기술적 문제들에 직면할 수 있다. 본 개시에서 제시된 방법들 및 시스템들은 이러한 기술적 문제들을 해결할 수 있다.

[0198] [0201] 도 11은 전술한 증착 모듈(130)에 대한 공급을 하기 위해 사용될 수 있는 순환 펌프(118)를 나타낸다. 이 펌프(118)는 외부 쉬라우드(120), 회전자(119) 및 출구 포트(121)를 포함할 수 있다. 이 구성에서, 이 펌프(118)는, 증착 모듈(130)을 통해 슬러리를 순환시키기 위해 연속적으로 작동할 수 있는 임펠러 펌프일 수 있다. 도 12는 출구 슬롯(117)을 갖는 쉬라우드(115) 및 펌핑 슬롯(113)을 갖는 회전자(111)를 포함하는 균질화 펌프(110)를 나타낸다. 이 구성에서, 균질화 펌프(110)는, 슬러리 내의 현탁 입자와 쉬라우드(115)의 출구 슬롯들(117) 사이의 층들을 구동하기 위해 원심 펌핑 운동을 사용하는 해머 분쇄기일 수 있다. 이는 분말 덩어리들을 부수고 슬러리를 균질화하는 효과를 갖는다. 이러한 펌프들을 통해 연속적으로 순환하는 슬러리는 슬러리 품질을 유지하고 또한 침전 및/또는 덩어리화를 방지하는 데에 도움이 될 수 있다.

[0199] [0202] 도 13-15는 전술한 시스템에서 사용될 수 있는 재료 취급 방법의 개략도를 보여준다. 다른 도에서 설명되는 바와 같이, 조형대 작업 표면(162)은 조형대를 통한 유체 유동을 허용하도록 다공성일 수 있다. 이 구성에서, 분말(310)과 수지(312)의 저밀도 혼합물이 활성 작업 표면(167) 상에 증착된다. 진공 압력이 다공성 조형대 작업 표면(162) 및 이전에 증착된 층들(존재한다면)을 통해 슬러리에 가해져, 잉여 수지(312)를 제거하고 슬러리의 유효 분말 로딩(loading) 밀도를 증가시켜 분말(310)을 치밀화한다. 극단적인 경우에, 도 15에 나타나 있는 바와 같이, 수지(312)가 분말 입자들(310) 사이의 점점들에서만 나타나도록 모든 잉여 수지(312)가 제거될 수 있다. 모든 수지(312)가 제거된 것은 아닌 경우(예를 들어, 도 14에 나타나 있는 바와 같이), 층들은 유체 유동 및 다음 층들로부터의 유체 제거를 가능하게 하기 위해 격자 구조를 사용하여 이미징될 수 있다. 다소 다르게 말하면, 층들은 격자 패턴에 따라 이미징될 수 있다. 유리하게는, 층의 이미징되지 않은 영역에 있는 수지가 제거될 수 있고, 그래서 그 층에서 유체 경로들이 열릴 수 있다. 격자 크기와 경계들이 적절히 설계되면(예컨대, 구멍이 거의 없거나 전혀 없는 대부분 중심인 경우), 격자는 3차원 부품 내의 미경화 분말을 잡을 수 있어, 격자가 노출 중에 사용되었음에도 불구하고, 소결 공정에 의해 고체 부품이 생성될 수 있다. 도 15에 나타나 있는 경우에는, 이러한 격자 이미징 기술을 사용하는 것이 불필요할 수 있는데, 이 유체 배출 공정은 본질적으로 다공성인 구조를 남길 수 있기 때문에, 고체 경화 이미지들을 사용하는 경우에도 부품 내의 유체 경로들이 이용 가능하다.

[0200] [0203] 증착 층을 치밀화하는 것의 가치는, 매우 균질한 고밀도 인쇄 부품을 생성하면서, 빠르게 증착될 수 있는 저점도 공급 원료의 사용을 가능하게 한다는 것이다. 소결 후에 고밀도를 달성할 수 있기 위해 인쇄 부품의 밀도에 대한 최소 요건들이 있으므로, 분말 로딩이 낮은 공급 원료를 사용하면 그 공급 원료는 적절하게 소결되지 않을 수 있다. 분말 로딩이 높은 공급 원료를 사용하면, 점도가 매우 높을 것이며 그리고 층 증착(따라서 인쇄) 공정이 매우 느려질 것이다. 추가적으로, 특히 금속 분말은 슬러리에서 빠르게 침전되는 경향이 있으며, 분말 로딩이 낮은 재료 층에서 이는 층의 정상 부분에서보다 층의 바닥 부분에서 더 많은 분말이 있는 인쇄 층을 생성할 수 있다. 이러한 효과는 소결 부품의 기계적 특성에 영향을 줄 수 있어, 수평 방향으로 하중을 가할 때와 비교하여 수직 방향으로 인장 하중을 가할 때 더 약한 부품이 생성될 수 있다. 층을 치밀화하면, 그 층의 밀도 변화가 제거되어 등방성 소결 부품이 생성된다. 추가적으로, 더 높은 밀도의 인쇄 부품은 소결 중에 덜 수축되어, 치수 공차를 더 큰 정도로 제어할 수 있게 한다. 또한, 진공 압력을 가하지 않고 슬러리를 다공성

기재에 증착하면, 유체가 그 기재 안으로 피동적으로 흡수됨에 따라 층이 치밀화될 수 있는데, 하지만 이러한 치밀화 공정은, 공이 진공 압력의 도움을 받는 경우에 비해 매우 느리게 일어날 수 있다. 추가로, 이 치밀화 공정의 속도는 상당히 감소할 수 있으며, 추가 층들이 증착됨에 따라 완전히 중단될 수 있다.

[0201] [0204] 일부 실시예들에서, 흡입 공정은 카메라(104)(도 1에 나타나 있음)로 이미징함으로써 제어 및/또는 확인될 수 있다. 활성 작업 표면(167)은, 수지 재료에 의해 흡수되고 분말 재료에 의해 반사되는 광원에 의해 조명(및/또는 조사(irradiating))될 수 있으며, 나타나는 빛은 카메라(104)에 의해 이미징되어, 주어진 조형 층에서 수지와 분말의 상대적인 양을 결정할 수 있다. 카메라(104)에 의한 이미징을 기반으로 얻은 이 데이터는 치밀화 동안에 적용되는 진공 압력의 레벨을 제어하기 위한 피드백으로 사용될 수 있다. 예를 들어, 초기에 매우 높은 진공 압력을 가할 수 있으며, 층에 있는 수지의 양이 감소함에 따라, 층의 수지 레벨을 안정적인 목표 값으로 유지하기 위해 진공 압력을 줄일 수 있다. 일부 실시예들에서, 최대 진공 압력(비제한적인 예로 대략 14.7 psi)은 원하는 속도로 층 치밀화를 달성하기에 반드시 적절하지는 않을 수 있다. 이 경우, 활성 작업 표면(167)에 반대인 방향으로 있는 조형대 작업 표면(162)의 측면에 근접한 압력에 대한 활성 작업 표면(167)에 근접한 유효 압력차를 증가시키기 위해 가압될 수 있는 밀폐 용기 안에 전체 조형 공정을 둘러싸는 것이 바람직할 수 있다. 다양한 실시예들에서, "진공 압력"은 여기서 설명되는 가해진 압력차의 크기를 의미하는 것으로 이해될 수 있다. 예를 들어, "높은 진공 압력"은 높은 압력차를 포함할 수 있다.

[0202] [0205] 도 16 및 17은 전술한 시스템에서 사용될 수 있는 조형대 작업 표면(162)을 갖는 조형대(160)를 나타낸다. 조형대 작업 표면(162)은 제거 가능할 수 있으며, 중심 다공성 영역(165)과 송입/송출 표면들(164, 166)을 가질 수 있다. 전술한 바와 같이, 다공성 영역(165)은 조형대 작업 표면(162) 또는 활성 작업 표면(167) 상에 증착된 슬러리의 치밀화를 가능하게 한다. 송입/송출 영역들(164, 166)에서 치밀화가 일어나지 않을 수 있다는 점을 감안하면, 이는 앞에서 설명한 바와 같이 잉여 재료를 제거하기 위해 공기 블레이드들을 사용하는 것의 이점을 더 설명한다.

[0203] [0206] 조형대(160)는 또한 다공성 정상 표면(161)을 갖는 개방 공동부를 가질 수 있다. 이 경우, 조형대 작업 표면(162)의 다공성 영역(165)은, 인쇄 부품이 통과하여 떨어지는 것을 방지하기에 충분히 작지만 분말이 통과하여 흐를 수 있도록 충분히 큰 세공들(pore)을 가질 수 있는 반면, 조형대(160)의 다공성 정상 표면(161)은, 수지가 통과하여 흐르는 것을 허용하지만 분말은 그렇게 하지 못하게 하는 작은 세공들을 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 다공성 영역(165)의 각 세공의 크기(예컨대, 직경)는 각 인쇄 부품의 크기보다 작고 분말의 크기보다 클 수 있는 반면, 다공성 정상 표면(161)의 각 세공의 크기(예컨대, 직경)는 분말의 크기보다 작을 수 있다. 인쇄 공정 중에, 분말과 수지는 조형대 작업 표면(162)의 세공들을 충전할 수 있지만, 분말은 조형대(160) 안으로 또는 그 아래로 떨어지지 않을 것이다. 다공성 영역(165)을 갖는 조형대 작업 표면(162)은, 조형대 작업 표면(162)을 제거하여 잉여 재료(예컨대, 미경화 수지 재료 내에 포함된 분말)를 부품들의 बै치(batch)로부터 그리고/또는 조형대 작업 표면(162)으로부터 제거할 수 있는데, 이는 다음 도들에서 더 설명될 것이다. 제거 공정 동안에, 결합되지 않은 잉여 분말은 조형대 작업 표면(162)을 통해 떨어질 수 있어 제거 공정을 용이하게 한다. 제거 중에는, 조형대 작업 표면(162)에 형성된 세공들은 인쇄 부품들 및/또는 지지 구조물보다 작을 수 있기 때문에, 결합되지 않은 분말과 수지만 제거될 수 있다. 다양한 실시예들에서, 결합되지 않은 분말은, 수지가 UV 광에 노출되지 않고 고체가 아닌, 수지와 혼합되는 분말의 부분을 포함할 수 있다. 결합되지 않은 분말은 수지가 UV 광에 노출되고 고체인, 수지와 혼합되는 분말의 부분을 포함할 수 있다.

[0204] [0207] 도 18 및 19는 조형 공정 동안의 조형대(160) 및 조형대 작업 표면(162)을 나타낸다. 부분적으로 완성된 조형물이 도 18에 나타나 있고, 이는 부분적으로 완성된 부품들(190)과 지지 구조물(192)을 갖는 부품 케이브(부품들 및/또는 지지 구조물 및 미경화 재료의 집합체)(170)를 포함한다. 이 경우, 치밀화된 조형 재료(520)(도 30에 나타나 있음)(예를 들어, 슬러리 형태로 증착됨)가 인쇄 부품들(190)을 위한 적절한 지지를 제공할 수 있으며, 따라서 지지 구조물(192)은 부품들(190)에 결합되지 않으며 특성의 전통적인 지지 재료들 또는 구조들의 목적을 반드시 수행하는 것은 아니다. 다양한 실시예들에서, 결합된다는 것은, 고정적으로 그리고/또는 견고하게 부착되거나, 연결되거나 또는 접착되는 것을 포함할 수 있다. 다소 다르게 말하면, 지지 구조물(192)이 부품들(190)을 제자리에 유지시키기 위해 그 부품들(190)의 선택된 위치들에서 부품들(190)과 접촉 및/또는 접할 수 있더라도, 인쇄 공정 동안에 생성되는 부품들(190)과 지지 구조물(192) 사이에 틈이 있을 수 있기 때문에, 지지 구조물(192)은 고정된 방식으로 그 부품들(190)에 부착되거나 연결되거나 또는 접착되지 않는다. 일부 실시예들에서, 그 틈은 투영 모듈(106)에 입력되는 층 이미지(들)를 수정함으로써 규정될 수 있다. 예를 들어, 층 이미지(들)를 수정하는 것은, 지지 구조물들(192)과 부품들(190) 사이에 하나 이상의 이미지 픽셀들을 정의하는 것을 포함할 수 있다. 지지 구조물(192)은 아마도 세척 공정 및/또는 소결을 위한 제거를 포함하는

후처리 동안에 부품들(190)의 위치를 유지시키는 역할을 할 수 있다.

[0205] [0208] 도 20 및 21은 잉여 재료를 제거하고 부품들을 소결하는 추가 단계들이 수행하기 전에 부품 케이크(170)를 예비 처리하기 위한 시스템 및 방법을 나타낸다. 추가 처리 전에 부품 케이크(170)로부터 미경화 수지를 제거하는 것이 유리할 수 있는데, 이는 결합되지 않은 분말을 유동화(및/또는 느슨하게)하고 이 분말을 제거하는 공정을 용이하게 하는 데에 도움이 될 수 있기 때문이다. 일부 실시예들에서, 미경화 수지의 제거는 부품 케이크(170)의 외관에 가시적인 변화를 반드시 초래하지는 않는다. 이 경우, 쉬라우드(180)가 부품 케이크(170) 주위에 배치된다. 그 쉬라우드(180)는 용제로 채워질 수 있으며, 이 용제는 인쇄 공정 동안에 층 치밀화에 사용되는 것과 동일한 시스템을 통해 부품 케이크(170)를 통과하여 흡입될 수 있다. 이는 인쇄기 자체 내에서 또는 자체의 흡입 시스템을 가질 수 있는 별도의 스테이션에서 예비 처리 공정을 실행하는 것을 포함하거나, 인쇄기로부터 조형대(160)를 전체적으로 제거하는 것을 포함할 수 있다. 이러한 이차 공정들을 용이하게 하기 위해 조형대 작업 표면(162) 또는 조형대(160) 또는 전술한 시스템들 중 임의의 시스템 내의 다른 구성 요소들을 움직이는 것을 포함하는 임의의 그리고 모든 형태의 모듈성이 개시된 주제의 범위 내에 있는 것으로 이해된다.

[0206] [0209] 도 22는 조형의 완료 후에 인쇄기로부터 제거된 조형대 작업 표면(162) 및 부품 케이크(170)를 나타낸다. 이는 전술한 예비 처리 공정의 전 또는 후에 이루어질 수 있고, 또는 예비 처리 공정을 포함하지 않을 수 있다. 앞에서 언급한 바와 같이, 조형대 작업 표면(162)의 다공물은, 분말이 그 작업 표면을 통과하도록 허용되지만 부품들은 여전히 그 작업 표면 위에 유지되도록 정해될 수 있다. 따라서, 이 어셈블리는 세정 용액을 갖는 세정 욕조 안에 배치될 수 있으며, 미결합 분말을 유동화시키고 그 미결합 분말을 포함하는 잉여 재료를 제거하기 위해 부품 케이크(170)는 그 세정 욕조에서 음파 처리, 열, 펌핑 시스템에 의해 유도되는 세정 용액의 유동, 교반 등을 받을 수 있다. 이러한 공정의 최종 결과가 도 23에 나타나 있으며, 부품들(190)은 지지 구조물들(192)에 반드시 결합되지는 않지만 그 지지 구조물들(192)에 의해 제자리에 유지된다. 일부 실시예들에서, 부품(190) 및/또는 지지 구조물(192)은 각각 내부적으로 결합될 수 있지만, 부품(190)은 이 부품(190) 상의 어떤 위치에서도 지지 구조물(192)에 결합되지 않는다.

[0207] [0210] 도 24-26은 소결을 위한 준비에서 부품들(190)을 제거하기 위한 시스템 및 방법을 나타낸다. 진공 모듈(196)은 그 내부에 장착되는 다공성 세라믹 트레이(194)를 가질 수 있으며, 이 트레이는, 부품들(190)의 정상부와 일치하고 또한 소결 동안에 그 부품들(190)에 지지를 제공하는 기하학적 구조를 갖는다. 부품 트레이(194)를 통해 진공 흡입을 가하여 부품들(190)을 그의 지지 구조물들(192)로부터 제거할 수 있다. 그런 다음에 이 부품 트레이(194)는 뒤집히고 소결을 위해 노(furnace) 안으로 넣어질 수 있다. 일부 실시예들에서, 부품들(190)은 거꾸로(또는 임의의 다른 원하는 배향으로) 인쇄될 수 있고, 그래서, 부품 트레이(194)가 뒤집힐 때, 부품들은 소결을 위해 바람직한 배향으로 있게 된다. 이 세라믹 부품 트레이(194)는 또한 전술한 시스템을 사용하여 인쇄 및 소결될 수 있으며, 그의 기하학적 구조는, 소결을 위한 이들 부품들의 최적의 배향이 결정된 후에, 부품 또는 부품들의 집합체의 하향 표면에 상보적인 기하학적 구조가 되도록 결정된다. 세라믹의 소결 온도는 금속 재료보다 상당히 높기 때문에, 인쇄된 세라믹 트레이를 여러 번 재사용하여 금속 부품들의 뱃치를 실행할 수 있다. 이러한 방식으로, 특히 노동 비용의 감소를 통해, 전술한 시스템을 통해 금속 부품들을 제조하는 공정의 총 효율성을 증가시키면서, 금속 부품들의 제조 실행을 위한 부품 취급을 자동화하는 저비용 도구가 얻어질 수 있다. 일부 실시예들에서, 각 부품(190)의 크기보다 작은 크기를 갖는 세공들이 부품 트레이(194)에 형성될 수 있다. 예컨대, 최고 온도 및/또는 스며들기 시간을 줄이기 위해 소결 주기를 조절함으로써, 부품 트레이(194)의 제어되는 다공률 레벨이 달성될 수 있다. 다공성 부품 트레이(194)를 사용함으로써 부품 트레이(194)에 복수의 부품들(190)이 동시에 실릴 수 있다. 통상적으로, 부품들이 매우 작은 경우(예를 들어, 밀리미터 정도의 크기를 갖는 경우) 소결을 위해 부품들을 수동으로 하나씩 실기 위해 사람의 작업이 필요하다. 이러한 작업은 비효율적이며 오류가 발생하기 쉽다. 이에 반해, 전술한 개시된 방법은 효율적이고 정확한 방식으로 부품들(190)을 유리하게 실을 수 있다. 따라서 제조 속도와 양이 상당히 개선될 수 있다.

[0208] [0211] 도 27-29는 확장 가능하고 비용 효율적으로 방식으로 인쇄 부품들의 특징의 기하학적 구조를 개선하기 위한 시스템 및 방법을 나타낸다. 일부 경우에, 예리한 포인트나 가장자리들을 갖는 부품들을 제조하는 것이 바람직할 수 있으며 이러한 포인트나 가장자리들은, 표준 선명화 방법으로는 쉽게 도달할 수 없는 영역들에 있을 수 있거나, 개선이 필요한 많은 수의 그러한 영역들이 있을 수 있으며, 그래서, 전통적인 방법들은, 고품질의 부품들이 제조될 필요가 있을 때는 비용 효과적이지 않을 것이다. 이 경우, 전통적인 방법은 인쇄된 도구(410)를 사용하는 전기화학적 기계 가공으로 대체될 수 있으며, 이 도구(410)의 기하학적 구조는 단일 공정에서 모든 관련 특징부들을 예리하게 하기 위해 결정되었다. 이 경우, 무딘 점(402)을 갖는 부품(400)이 나타나 있

다. 원하는 최종 기하학적 구조(404, 406, 408)로부터 외삽(extrapolating)함으로써, 도구의 기하학적 구조(412, 414)가 결정될 수 있다. 부품(400)의 원하는 최종 기하학적 구조 또는 목표로 하는 기하학적 구조는, 전기화학적 기계 가공을 통해 부품(400)을 수정하는 것이 목표인 부품(400)의 기하학적 구조를 포함할 수 있다. 이 경우, 수정된 표면들(404, 406, 408)은 부품(400)에 가장 가까운 도구(410)의 부분들(412, 414)에 의해 직접적으로 영향을 받으며, 이는 전기화학적 기계 가공 동안 전류 밀도가 가장 높게 될 곳이며, 그래서 어떤 물질이 제거되는지를 결정한다. 전류 레벨, 부품의 기하학적 구조에 대한 도구의 기하학적 구조의 근접성, 및 일부 경우에는 기계 가공 동안에 사용되는 파형에 따라, 부품(400)으로부터 더 멀리 있는 도구(410)의 특징부들은 부품(400)의 형상에 대한 무시 가능한 영향을 줄 수 있고, 그래서 도구(410)의 기하학적 구조의 결정에서 무시될 수 있다. 이는 특정 부품(400)에 대한 수정을 필요로 하는 특징부(들)에 근거하여 도구의 기하학적 구조를 결정하기 위한 간단한 방법을 제공한다. 이 방법은 부품 또는 부품들의 어레이에 있는 많은 특징부들에 적용될 수 있다. 인쇄된 도구(410)는 부품(400) 또는 복수의 부품들(400)을 동시에 개선하기 위해 사용될 수 있으며, 그래서 확장 가능하고 비용 효율적인 방식으로 매우 미세한 기하학적 구조를 달성하는 방법을 제공한다. 일부 실시예들에서, 부품(400)은 수정이 필요한 복수의 특징부들을 가질 수 있다. 도구(410)는, 부품(400)의 모든 원하는 특징부들을 동시에 수정하기 위해, 부품(400)의 복수의 특징부들의 기하학적 구조에 상보적인 기하학적 구조 및/또는 다른 적절한 기하학적 구조를 갖는 복수의 특징부들을 갖도록 인쇄될 수 있다. 이는 복수의 도구들(410)로 복수의 부품들(400)을 수정하기 위한 방법을 제공하기 위해 외삽될 수 있으며, 한 부품(400)은 복수의 도구들(410)로 수정하고 그리고/또는 복수의 부품들(400)은 단일 도구(410)로 수정한다. 도구(410)의 기하학적 구조는, 사용자가 처리가 필요한 표면을 특정한 후에, 모델링 소프트웨어에 의해 자동으로 생성될 수 있다. 복수의 부품들(400)을 동시에 수정함으로써, 공정은 확장성이 높아질 수 있고 또한 대량 생산에서 비용 효율적으로 실행될 수 있다.

[0209]

[0212] 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 전기화학적 기계 가공 공정 동안 폐기물을 제거하기 위해 전해 유체가 통과할 수 있도록 다공성 도구(410)를 제조하는 것이 바람직할 수 있다. 전해질 유동을 허용하기에 충분히 크고 도구(410)와 부품(400) 사이의 관련 영역에서 균일한 전류 밀도를 생성하기에 충분히 작은 세공들(나타나 있지 않음)을 갖는 도구(410)가 이러한 유형의 전기화학적 기계 가공 공정에 적합할 수 있는데, 그러한 세공들은 도구(410)의 최적의 열 제어 및 부품(400)의 작업 표면에서의 직접적인 전해질 유동을 가능하게 하여 기계 가공 공정 동안에 이온 농도의 증가를 효율적으로 제거할 수 있기 때문이다. 일부 실시예들에서, 세공들은 분말 입자들의 평균 직경의 절반 보다 작을 수 있으며 그리고/또는 분말 입자들의 평균 직경보다 대략 한 차수 작을 수 있다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 세공들의 직경은 적어도 50 나노미터(nm)일 수 있다. 인쇄된 3차원 대상물을 소결할 때 가능한 최고 밀도를 얻는 것이 바람직할 수 있지만, 일부 실시예들에서 다공성이 요구되는 경우, 소결 주기는 최종 3차원 대상물에서 제어된 레벨의 다공률을 얻기 위해 최고 온도와 스며들기 시간을 줄이도록 조절될 수 있다. 앞에서 설명된 전기화학적 기계 가공 공정은, 부품(400)을 최대 밀도로 소결하고, 도구(410)가 이 도구를 통과하는 유체의 유동을 허용하기에 충분히 높은 특정된 다공률을 갖도록 도구(410)를 더 낮은 밀도로 소결하며 그리고 부품(400)으로부터 재료를 제거하기 위해 전류를 가하면서 전해질을 도구(410)를 통해 흐르게 함으로써 더 개선될 수 있다. 일부 실시예들에서, 다공률은, 세공들이 위에서 언급한 바와 같은 크기(들)를 가지며 그리고/또는 세공들이 내부적으로 연결되어 도구(410)에서 통로 및/또는 네트워크를 형성하도록 높을 수 있다. 일부 실시예들에서, 위에서 언급한 바와 같은 크기(들)로, 세공들은 전기화학적 기계 가공 공정에서 부품(400)의 기하학적 구조에 무시 가능한 영향을 미칠 수 있도록 충분히 작을 수 있다. 일부 실시예들에서, 세공들은 도구(410)를 통해 균일하게 분포될 수 있으며, 그래서 전기화학적 기계 가공 공정에서 발생된 열이 세공들을 통해 도구(410)로부터 균일하게 또한 효율적으로 소산되어, 균일한 냉각을 이룰 수 있다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 도구(410) 근처에서 이온 농도의 증가는 균일하게 또한 효율적으로 제거될 수 있다. 이에 반해, 전기화학적 기계 가공을 위한 종래의 도구들은, 특정 구조의 개구들을 갖도록 만들어지더라도, 전술한 방법으로 달성되는 다공률의 균일성 및 그에 따른 효과적인 전기화학적 기계 가공 공정을 달성할 수 없다.

[0210]

[0213] 도 30을 참조하면, 조형대(163)를 포함하는 시스템(101)의 예시적인 다이어그램이 나타나 있다. 일부 실시예들에서, 이 시스템(101)은 시스템(100)(예를 들어 도 1에 나타나 있음)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 조형대(163)는 조형대(160)(예를 들어, 도 1 및 도 17에 나타나 있음)를 포함할 수 있다. 시스템(101)은 조형 재료 유닛(500) 및 선택적 처리 유닛(600)을 포함할 수 있다. 조형 재료 유닛(500)은 조형대(163)상에 조형 재료(520)를 배치하도록 구성된다. 예시적인 조형 재료 유닛(500)은 증착 모듈(130)(도 1에 나타나 있음), 및/또는 조형 재료(520)의 배치와 관련된 임의의 다른 적절한 구성 요소들을 포함할 수 있다. 예시적인 조형 재료(520)는 슬러리(201)(도 7에 나타나 있음), 또는 분말(또는 분말 재료)(310)(도 13에 나타나 있음)과

수지(312)(도 13에 나타나 있음)의 혼합물을 포함할 수 있다.

- [0211] [0214] 선택적 처리 유닛(600)은, 조형 재료(520)의 일부가 3차원 대상물(800)을 형성할 수 있도록 조형 재료(520)를 선택적으로 처리하도록 구성된다. 선택적 처리는, 선택된 부분의 하나 이상의 특성들이 조형 재료(520)의 나머지의 특성들과 상이할 수 있도록 조형 재료(520)의 선택된 부분만을 수정하는 적어도 하나의 공정을 적용하는 것을 포함할 수 있다. 한 실시예에서, 선택적 처리 유닛(600)은 선택된 부분을 조사하여 감광성(photosensitive) 재료를 수정할 수 있다. 한 실시예에서, 선택적 처리 유닛(600)은 선택된 부분을 제외한 모든 영역들을 조사하여 감광성 재료를 수정할 수 있다. 한 실시예에서, 선택적 처리 유닛(600)은 선택된 부분이 경화, 고화, 소결되거나 또는 이것들의 조합을 받을 수 있는 능력을 수정할 수 있다. 한 예에서, 선택적 처리 유닛(600)은, 선택된 부분이 경화(또는 소결)될 수 있는 반면에 조형 재료(520)의 비수정 부분은 경화(또는 소결)될 수 없도록 조형 재료(520)의 선택된 부분을 수정할 수 있다. 수정시에, 선택된 부분은 임의의 다른 선택적 및/또는 적절한 후처리 후에 3차원 대상물(800)을 형성할 수 있다. 다른 예에서, 선택적 처리 유닛(600)은, 선택된 부분이 경화(또는 소결)될 수 없는 반면 조형 재료(520)의 비수정 부분은 경화(또는 소결)될 수 있도록 조형 재료(520)의 선택된 부분을 수정할 수 있다. 수정시에, 선택된 부분을 제외한 조형 재료(520)의 나머지는 임의의 다른 선택적 및/또는 적절한 후처리 후에 3차원 대상물(800)을 형성할 수 있다. 선택적 처리 유닛(600) 및/또는 임의의 다른 적절한 장비가 경화(및/또는 소결)를 달성하거나 완료하기 위해 필요에 따라 추가 공정(들)을 적용할 수 있다.
- [0212] [0215] 다른 실시예에서, 선택적 처리 유닛(600)은 선택된 부분의 물질 상태를 수정할 수 있다. 예를 들어, 선택적 처리 유닛(600)은 3차원 대상물(800)의 형상에 따라 조형 재료(520)의 적어도 선택된 부분을 경화 및/또는 고화시킬 수 있다. 예시적인 선택적 처리 유닛(600)은 투영 모듈(106)(도 1에 나타나 있음)을 포함할 수 있다.
- [0213] [0216] 도 31을 참조하면, 3차원 대상물(800)을 만드는 방법(700)의 일 실시예의 예시적인 흐름도가 나타나 있다. (720)에서 조형 재료(520)가 조형대(163) 상에 배치될 수 있다. (740)에서 조형 재료(520)는 3차원 대상물(800)을 형성하기 위해 선택적으로 처리될 수 있다.
- [0214] [0217] 도 32를 참조하면 조형 재료(520)는 하나 이상의 층들(522)을 포함하는 것으로 나타나 있다. 층들(522)은 x 방향 및 y 방향(도면의 평면에 수직)으로 연장되고 또한 z 방향으로 적층될 수 있다. 각 층들(522)은 선택적으로 처리될 수 있다. 선택적 처리에 따라, 각 층(522)의 일부분은 층(820)을 형성할 수 있다. 층들(522)의 층들(820)은 대상물(800)을 형성하도록 적층될 수 있다.
- [0215] [0218] 도 33을 참조하면, 방법(700)의 대안적인 실시예의 예시적인 흐름도가 나타나 있다. (720A)에서 조형 재료(520)의 층(522)이 조형대(163) 상에 배치될 수 있다. 층(522)은 조형 재료(520)의 초기 층 및/또는 제1 층일 수 있다. (740A)에서 층(522)은 선택적으로 처리되어 3차원 대상물(800)의 층(820)을 형성할 수 있다. (760)에서, 적층되는 하나 이상의 층들(820)에 대해 배치 및 선택적 처리가 반복될 수 있다. 다소 다르게 말하면, (760)은 이전 층(522) 상에 적층된 후속 층(522)에 대해 각각 선택된 횟수로 배치 및 선택적 처리를 반복하는 것을 포함할 수 있다.
- [0216] [0219] 다양한 실시예에서, 조형 재료(520)는 분말(310)(예를 들어, 도 35a에 나타나 있음)과 캐리어 유체(320)(예를 들어, 도 35a에 나타나 있음)의 혼합물 및/또는 블렌드를 포함할 수 있다. 예시적인 캐리어 유체(320)는 수지(312)(도 13에 나타나 있음)를 포함할 수 있다. 블렌드는 슬러리(201)(예를 들어, 도 7에 나타나 있음)의 형태일 수 있다. 일부 실시예들에서, 조형 재료는, 조형 재료(520)의 유체 및 고체 성분들과 혼합될 수 있는 기포들로 구성된 가스(또는 가스 상(phase))를 추가로 포함할 수 있다.
- [0217] [0220] 한 실시예에서, 조형 재료(520)의 층(522)은 슬롯 다이 코팅을 통해 배치될 수 있다.
- [0218] [0221] 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 조형 재료(520)의 층(522)은 블레이드 코팅을 통해 배치될 수 있다. 특히 층 배치 및 처리를 여러 번 반복하는 것을 포함할 수 있는 다양한 개시된 공정을 위한 블레이드 코팅이 셀프 레벨링 특성을 갖기 때문에 유리할 수 있다. 다소 다르게 말하면, 주어진 층 배치에 의해 생성된 표면의 높이는 이전 층의 불규칙성에 의해 크게 영향을 받지 않을 수 있다.
- [0219] [0222] 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 조형 재료(520)의 층(522)은 패치(patch) 코팅을 통해 배치될 수 있다. 패치 코팅은 슬롯 다이 또는 다른 유사한 기구를 이용하는 것을 포함할 수 있으며, 여기서 조형 재료(520)의 유동은 특정 목표 영역 내에서만 재료를 증착하기 위해 선택된 간격으로 중단될 수 있다. 예를 들어, 조형 재료(520)는 부분 영역들의 어레이에 걸쳐 증착될 수 있다. 패치 코팅을 이용하면 재료 낭비를 제한할 수

있다.

- [0220] [0223] 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 조형 재료(520)의 층(522)은 연속 유동 코팅을 통해 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 연속 유동 코팅은 슬롯 다이 또는 다른 유사한 기구를 이용하는 것을 포함할 수 있으며, 여기서 조형 재료(520)의 유동은 중단되지 않고 조형 재료(520)는 전체 작업 영역에 걸쳐 증착될 수 있다.
- [0221] [0224] 도 34를 참조하면, 방법(700)의 대안적인 실시예의 예시적인 흐름도가 나타나 있다. 조형 재료(520)의 층(522)은 (730A)에서 치밀화될 수 있다. (730A)에서의 치밀화는 (720A)에서의 배치 후 및 (740A)에서의 선택적 처리 전일 수 있다. 치밀화는 예를 들어, 조형 재료 유닛(500)(도 30에 나타나 있음), 선택적 처리 유닛(600)(도 30에 나타나 있음), 조형대(163)(도 30에 나타나 있음) 및/또는 임의의 다른 장치를 포함하는 임의의 적합한 장치를 사용하여 실행될 수 있다. 배치, 치밀화 및 선택적 처리는 (760)에서 반복될 수 있다. 다소 다르게 말하면, 760은 이전 층(522) 상에 적층된 후속 층(522)에 대해 각각 선택된 횟수 동안 배치, 치밀화 및 선택적 처리를 반복하는 것을 포함할 수 있다. 조형 재료(520) 또는 층(522)을 형성하는 공정이 예시된 목적으로만 다양한 실시예들에서 배치, 증착 또는 코팅과 같은 상이한 용어들을 사용하여 설명되지만, 조형 재료(520) 또는 층(522)을 형성하는 공정의 특징들은 각 실시예에서의 설명을 통해 언급되며, 배치, 증착 또는 코팅이라는 용어들 중의 어느 것이 사용되는가에 의해서만 제한되지 않는다. 일부 실시예들에서, 활성 작업 표면(167) 상에 조형 재료(520) 또는 층(522)을 형성하는 것을 설명하는 배치, 증착, 코팅 및/또는 다른 적절한 용어는 상호 교환 가능할 수 있다.
- [0222] [0225] 치밀화는 배치된 층(522)에 있는 분말(310)(예를 들어, 도 35a에 나타나 있음)의 로딩 밀도(또는 로딩 백분율)를 증가시키는 것을 포함할 수 있다. 다소 다르게 말하면, 조형 재료(520)의 치밀화는, 증착되는 조형 재료(520)에서 분말(310)의 비율을 증가시키는 것을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 치밀화는, 혼합물로부터 캐리어 유체(320)(예를 들어, 도 35a에 나타나 있음)를 적어도 부분적으로 제거하는 것을 포함할 수 있다. 한 실시예에서, 캐리어 유체(320)를 제거하기 위해 진공 압력 및/또는 압력차가 다공성 조형대 작업 표면(162)(도 13-15에 나타나 있음)을 통해 층(522)에 가해질 수 있다. 다소 다르게 말하면, 진공 압력 및/또는 압력차는 조형대 작업 표면(162)과 이 조형대 작업 표면(162)의 반대쪽에 있는 조형대(163)의 측면 사이에 생성될 수 있다.
- [0223] [0226] 도 35a-35b를 참조하면, 초음파를 가하기 전후의 조형 재료(520)가 각각 나타나 있다. 시스템(101)은 초음파 유닛(540)을 포함할 수 있다. 다양한 실시예들에서, 초음파 유닛(540)은 조형대(163)와 통합 및/또는 결합될 수 있다. 초음파 유닛(540)은 초음파들을 발생시킬 수 있다. 초음파가 조형대(163)에 전송되어 조형대(163)의 초음파 교반을 일으킬 수 있도록, 초음파 유닛(540)은 음향 전도성 매체(나타나 있지 않음)를 통해 조형대(163)와 직접 기계적으로 연결될 수 있다. 예시적인 음향 전도성 매체는 고체 및/또는 액체를 포함할 수 있다. 초음파 유닛(540)은 배치된 층(522)에 초음파를 가하고 층(522)을 치밀화할 수 있다. 초음파는 캐리어 유체(320)를 액적으로 되게 분해하여 그 캐리어 유체(320)의 증발을 가속화할 수 있다. 초음파 유닛(540)을 사용함으로써, 조형 재료(520)는 단순화된 방식으로 치밀화될 수 있다.
- [0224] [0227] 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 초음파는 분말(310)을 교반할 수 있고 따라서 분말(310)을 침전시킬 수 있으며, 그래서 분말(310)이 중력에 의해 조형대(163) 가까이에서 가라앉고 더 밀접하게 패키징된다. 따라서 분말(310)의 균일성이 개선될 수 있다. 초음파 유닛(540)을 사용함으로써, 조형 재료(520) 내의 분말(310)이 신규한 방식으로 침전될 수 있다. 따라서, 배치된 층(522)의 균일성이 개선될 수 있다. 슬러리 밀도를 증가시키기 위해 슬러리로부터 유체를 제거하거나 슬러리를 통해 증착된 분말을 침전시키기 위해 초음파가 통상적으로 사용되지 않았다는 것을 유의해야 한다.
- [0225] [0228] 도 36a 및 36b를 참조하면, 초음파를 가하기 전과 후의 조형 재료(520)가 각각 나타나 있다. 분말(310)은 초음파를 통해 침전되지만, 캐리어 유체(320)는 반드시 크게 감소하지는 않는다. 다양한 실시예들에서, 조형 재료(520)가 치밀화되는 방식에 상관없이 분말(310)을 침전시키기 위해 초음파가 가해질 수 있다. 예를 들어, 반드시 초음파를 사용하지는 않는 방식으로 캐리어 유체(320)를 제거할 수 있지만, 분말(310)을 침전시키기 위해 초음파를 가할 수 있다. 유리하게는, 선택된 캐리어 유체(320)가 초음파에 의해 쉽게 감소되지 않는 경우, 보다 신속하게 캐리어 유체(320)를 제거하기 위해 증발 또는 흡입과 같은 다른 방법이 적용될 수 있다.
- [0226] [0229] 도 37을 참조하면, 시스템(101)은 증발 유닛(560)을 포함하는 것으로 나타나 있다. 이 증발 유닛(560)은 배치된 층(522)에 열을 가하고 캐리어 유체(320)를 증발시킬 수 있다. 증발 유닛(560)은 전도, 대류, 방사선(radiation) 또는 이들의 조합을 통해 열을 가할 수 있다. 방사선은, 예를 들어, 마이크로파, 레이저, 적외

선(IR) 및/또는 임의의 다른 광학적 방사선을 포함하는 임의의 적절한 유형의 방사선을 포함할 수 있다. 다양한 실시예들에서, 증발 공정은 대부분의 유체가 재료 층에서 제거되는 정도까지만 이용될 수 있지만, 선택적 처리(740)(도 31에 나타나 있음) 동안 사용될 수 있도록 적절한 양이 층 내에 남게 된다. 이와 관련하여, 캐리어 유체(320)는 형성되는 부품을 규정하기 위해 선택적으로 처리되는 추가적인 목적을 위한 것일 수 있다.

[0227] [0230] 한 실시예에서, 증발은 필러(filler) 및 백본(backbone)을 포함하는 다성분 시스템에 적용될 수 있다. 이 실시예에서, 필러 재료는 백본 재료보다 증발하는 데에 더 적은 에너지를 필요로 할 수 있고, 백본 재료는 증발 공정이 완료된 후에 층(522)에 남아 있을 수 있다. 백본 재료는 형성되는 부품을 규정하기 위해 선택적 처리(740) 동안에 추가로 처리될 수 있다.

[0228] [0231] 도 38a를 참조하면, 조형 재료(520)는 발포체(foam)인 것으로 나타나 있다. 다소 다르게 말하면, 캐리어 유체(320)에는 복수의 기포들이 형성될 수 있다. 적절한 기포 생성기 및/또는 발포제를 추가하거나 증착 전에 조형 재료 유닛(500)(도 30에 나타나 있음)을 통해 조형 재료(520)를 휘젓거나, 또는 이들의 조합을 통해 기포들이 조형 재료(520) 안으로 도입될 수 있다. 한 실시예에서, 조형 재료(520)는 슬러리(201)(도 7에 나타나 있음)를 포함할 수 있으며, 그래서 기포들이 그 슬러리(201) 안으로 도입될 수 있다.

[0229] [0232] 도 38b를 참조하면, 캐리어 유체(320)는 기포들이 없이 나타나 있다. 일부 실시예들에서, 조형 재료(520)의 치밀화는 기포들 중의 적어도 일부를 붕괴 및/또는 파괴하는 것을 포함할 수 있다. 기포 붕괴시에, 조형 재료(520) 내의 공기 부피가 감소 또는 제거될 수 있고, 조형 재료(520)의 단위 부피당 분말(310)의 양이 증가될 수 있으며, 조형 재료(520)가 치밀화될 수 있다. 한 실시예에서, 기포들은 흡입에 의해 붕괴될 수 있다. 예를 들어, 흡입은 직접 그리고/또는 조형대(163)를 통한 낮은 압력 또는 압력차를 통해 조형 재료(520)에 가해질 수 있다. 다소 다르게 말하면, 조형 재료(520)에 대해 각각 근위 및 원위에 있는 조형대(163)의 측면들 사이에 낮은 압력 또는 압력차가 형성될 수 있다. 다른 실시예에서, 초음파 교반이 적용되어 기포들을 붕괴시킬 수 있다. 다른 실시예에서, 기포들을 붕괴시키기 위해 열이 가해질 수 있다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 기포들은 일정 기간에 걸쳐 자연적으로(즉, 흡입 없이) 붕괴될 수 있다. 이들 실시예들 중 임의의 실시예에서, 분말(310)이 조밀한 층으로 침전된 후에, 붕괴된 층이 남아 있는 특정 양의 다공률을 가지도록, 원래의 조형 재료 내의 공기의 상대 부피는 충분히 높을 수 있다.

[0230] [0233] 도 38c를 참조하면, 캐리어 유체(320)는 더 감소된 것으로 나타나 있다. 따라서, 공극들의 수 및/또는 크기는 캐리어 유체(320)에 의해 젖은 분말(310) 사이에서 증가할 수 있으며, 그래서 조형 재료(520)의 다공률이 증가될 수 있다. 캐리어 유체(320)의 이러한 감소는, 기포들의 붕괴를 포함하지만 이에 한정되지 않는 전술한 바와 같은 임의의 적절한 치밀화 방법들을 통해 구현될 수 있다. 도 38b 및 38c는 단지 예시의 목적으로 기포들을 나타내지 않지만, 기포들의 총량이 감소하더라도 기포들은 임의의 치밀화 단계에서 캐리어 유체(320)에 존재할 수 있다.

[0231] [0234] 도 39a를 참조하면, 시스템(101)은 치밀화 유체 증착 유닛(510)을 포함하는 것으로 나타나 있다. 이 치밀화 유체 증착 유닛(510)은 치밀화 유체(340)를 조형 재료(520)에 가할 수 있다. 다양한 실시예들에서, 치밀화 유체(340)는 캐리어 유체(320)와 반응하여, 가스 상태로 있는 하나 이상의 생성물을 생성할 수 있다. 예를 들어, 치밀화 유체(340)는 산성 성분을 포함할 수 있고, 캐리어 유체(320)는 탄산염을 포함할 수 있으며, 그 반대도 가능하다. 다양한 실시예들에서, 치밀화 유체(340)는 조형 재료(520)에 균일하게 가해질 수 있다. 치밀화 유체(340)는 임의의 적절한 방식으로 가해질 수 있다. 한 실시예에서, 치밀화 유체(340)는 분무를 통해 증착될 수 있다. 유리하게는, 층(520)은 모든 위치에서 치밀화 유체(340)와 반응할 수 있고 균일한 방식으로 치밀화될 수 있다. 도 39a는 단지 예시의 목적으로 치밀화 유체(340)가 캐리어 유체(320)로부터 분리된 것으로 나타내지만, 치밀화 유체(340)는, 제한 없이, 캐리어 유체(320)와 화학적으로 반응하기 위해 그 캐리어 유체(320)와 혼합될 수 있다.

[0232] [0235] 도 39b를 참조하면, 캐리어 유체(320) 및 치밀화 유체(340)의 부피가 도 39a와 비교하여 상당히 감소된 것으로 나타나 있다. 다소 다르게 말하면, 치밀화 유체(340)와 캐리어 유체(320) 사이의 반응시에, 조형 재료(520)의 유체 부피가 감소되고, 조형 재료(520)의 단위 부피당 분말(310)의 양이 증가될 수 있고, 조형 재료(520)가 치밀화될 수 있다.

[0233] [0236] 도 40을 참조하면, 방법(700)의 대안적인 실시예의 예시적인 흐름도가 나타나 있다. (722)에서 조형 재료(520)는 조형대(163) 상에 배치될 수 있고, 여기서 설명된 방법들을 사용하여 선택적으로 치밀화될 수 있다. 조형 재료(520)는 감광성 재료를 포함할 수 있다. 이 감광성 재료가 전자기 방사선에 노출될 때 그의 화학적 조성 및/또는 특성들이 변할 수 있다. (742)에서 감광성 재료의 적어도 일부는 조사(irradiation)를 통해 수정

될 수 있다. 다양한 실시예들에서, 선택적 처리 유닛(600)(도 30에 나타나 있음)은 감광성 재료를 조사할 수 있다. 한 실시예에서, 수정된 부분은 3차원 대상물(800)(도 32에 나타나 있음)의 적어도 일부분 또는 층(820)(도 32에 나타나 있음)을 형성할 수 있다. 예를 들어, 감광성 재료는 수지(312)(도 13에 나타나 있음)를 포함할 수 있다. 그 수지(312)는 예를 들어 UV(자외선) 광의 조사에 의해 경화될 수 있다. 따라서, 조사되는 수지(312)의 일부분은 고화되어 3차원 대상물(800)의 층(820)을 형성할 수 있다. 조형 재료(520)는 3차원 대상물(800)의 디지털 모델의 슬라이스에 대응하는 2D 이미지에 따라 조사될 수 있다.

[0234] [0237] 도 41을 참조하면, 선택적 처리 유닛(600)은 선택적 증착 유닛(620)을 포함하는 것으로 나타나 있다. 이 선택적 증착 유닛(620)은 조형 재료(520) 상의 하나 이상의 타겟 영역들(524) 상에 보충 조형 재료(360)를 증착하도록 구성될 수 있다. 비타겟 영역들(526)은, 조형 재료(520)에 있어서 보충 조형 재료(360)의 증착이 없는 영역이다. 타겟 영역(524)의 특성들은 비타겟 영역(526)의 특성들과 다를 수 있다. 예시적인 특성은 경화 능력, 소결 능력 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 다양한 실시예들에서, 보충 조형 재료(360)는 유체를 포함할 수 있다. 선택적 증착 유닛(620)은 임의의 적절한 방식으로 보충 조형 재료(360)를 증착할 수 있다. 한 실시예에서, 선택적 증착 유닛(620)은 분출 및/또는 잉크 분사를 통해 보충 조형 재료(360)를 증착할 수 있다.

[0235] [0238] 조형 재료(520)는 캐리어 유체(320)로 젖은 분말(310)로 나타나 있다. 캐리어 유체(320)의 양은, 조형 재료(520)가 분말(310)의 입자들 사이에 공극들(380)을 형성할 수 있도록 작을 수 있다. 다양한 실시예들에서, 조형 재료(520)는 치밀화되어, 분말(310)이 캐리어 유체(320)로 젖을 수 있지만 공극들(380)을 형성하여 더 많은 재료를 수용하도록(보충 조형 재료(360)를 수용하도록) 캐리어 유체(320)의 양을 적절한 정도로 감소시킬 수 있다. 다양한 실시예들에서, 치밀화는 분말(310)의 탭(tap) 밀도에 의해 제한될 수 있다. 탭 밀도는 분말(310)의 입자 크기 분포 및 형태에 의해 제어될 수 있다. 치밀화 공정의 한 목표는 탭 밀도에 가능한 한 가깝게 되는 것일 수 있다.

[0236] [0239] SFF의 해상도는, 타겟 영역들(524)이 조형 재료(520) 상의 보충 조형 재료(360)의 증착 및/또는 젖음에 의해 얼마나 정확하게 형성될 수 있는지에 의해 영향을 받을 수 있다. 다양한 실시예들에서, 액적의 크기 및 결합제 활성화 반응의 반응 동역학은 다른 특성들 중에서도 해상도를 최적화하도록 설계될 수 있다.

[0237] [0240] 도 42a를 참조하면, 시스템(101)은 캐리어 유체(320) 없이 분말(310) 상에 보충 조형 재료(360)를 증착시키는 것으로 나타나 있다. 다소 다르게 말하면, 분말(310)은 건조할 수 있다. 보충 조형 재료(360)는 분말(310)을 쉽게 젖게 하지 않기 때문에, 보충 조형 재료(360)는 분말(310) 위에 비드를 형성하는 것으로 나타나 있다. 그 결과, 보충 조형 재료(360)가 분말(310) 안으로 스며들기까지 일정량의 대기 시간이 소요된다. 많은 SFF 공정에서, 큰 액적들이 건조 분말 층에 힘을 가해 분말(310)에 패임(cratering)을 생기게 하기 때문에, 작은 액적들이 요망된다. 작은 액적들은 또한 고해상도를 달성하기 위해 바람직할 수 있다. 패임은 형성된 3D 대상물의 해상도를 감소시키고 부품 내 분말 밀도와 부품 내 분말 패킹의 균일성에 나쁜 영향을 준다. 그러나, 표면 장력의 영향은 더 작은 액적에 대해 크며 그래서 작은 액적들은 분말(310)을 젖게 하는 데에 긴 대기 시간을 필요로 한다. 적어도 위와 같은 이유로, 종래의 결합제 분출 공정은 고해상도 SFF에 대해서는 비실용적이다.

[0238] [0241] 도 42b를 참조하면, 시스템(101)은 적절한 양의 캐리어 유체(320)와 혼합된 분말(310) 상에 보충 조형 재료(360)를 증착하는 것으로 나타나 있다. 다소 다르게 말하면, 분말(310)은 젖어 있을 수 있다. 보충 조형 재료(360)는, 도 42a와 대조적으로, 공극들(380) 안으로 즉시 스며드는 것으로 나타나 있다. 다소 다르게 말하면, 캐리어 유체(320)는 보충 조형 재료(360)의 젖음을 용이하게 할 수 있다. 그 결과, 보충 조형 재료(360)가 분말(310) 안으로 스며드는 데에 대기 시간이 없거나 짧은 대기 시간만 걸리게 된다. 따라서, 보충 조형 재료(360)는 스며들기 시간을 크게 증가시키지 않고 매우 작은 액적들에서 증착될 수 있다. 따라서, 실용적이고 비용 효율적인 제조 공정에서 SFF의 고해상도를 달성할 수 있다.

[0239] [0242] 도 43을 참조하면, 방법(700)의 대안적인 실시예의 예시적인 흐름도가 나타나 있다. (724)에서 조형 재료(520)는 조형대(163) 상에 배치될 수 있다. 조형 재료는 분말 재료(310) 및 캐리어 유체(320)를 포함할 수 있고, 여기서 설명된 방법들을 사용하여 선택적으로 치밀화될 수 있다. (742)에서 보충 조형 재료(360)는 조형 재료(520) 상의 하나 이상의 타겟 영역(524) 상에 증착될 수 있다. 도 40에 언급한 방법(700)이 고해상도 SFF를 달성할 수 있지만, 고해상도는 조사를 통해 달성되며 이러한 방법은 모든 종류의 조형 재료들(520)과 반드시 양립하는 것은 아니다. 예를 들어, 분말 재료(310)가 티타늄과 같은 특정한 반응성 금속을 포함하는 경우, 분말 재료(310)는 감광성(또는 광경화성) 재료와 반응하여 소결 공정에 나쁜 영향을 줄 수 있다. 예를 들어, 대

부분의 광경화성 재료들은 약간의 산소 함량을 갖는데, 산소는 소결 중에 중합체로부터 빠져나와 금속과 반응하여, 소결된 금속의 최종 특성들을 손상시킬 수 있는 산화물을 형성할 수 있다. 대조적으로, 도 43에 제시된 바와 같은 방법(700)은, 조형 재료(520)에 이용 가능한 적절한 감광성(또는 광경화성) 재료가 없을 때 매우 다양한 결합제 재료로 고해상도 SFF를 구현할 수 있다.

[0240] [0243] 도 44를 참조하면, 3차원 대상물(800)은 타겟 영역들(524)에 기반하여 형성되는 것으로 나타나 있다. 일부 실시예들에서, 보충 조형 재료(360)는 경화 반응 및/또는 상태 변화를 유도 및/또는 촉진할 수 있다. 보충 조형 재료(360)의 예들은, 열적 자유 라디칼 중합을 촉진하기 위한 아조(azo) 화합물 또는 유기 과산화물, 및/또는 시아노아크릴레이트 결합제를 경화시키는 경우의 염기성 수용액을 포함할 수 있다. 캐리어 유체(320)에 있을 수 있는 주어진 결합제 재료에 적합한 임의의 중합 개시제가 이 실시예의 범위 내에 있는 것으로 이해된다. 따라서, 분말(310)은 타겟 영역들(524)에 결합될 수 있다. 한 실시예에서, 타겟 영역들(524) 내의 분말(310)은 3차원 대상물(800)의 적어도 일부분 또는 층(820)을 형성할 수 있다. 보충 조형 재료(360)는 3차원 대상물(800)의 디지털 모델의 슬라이스에 대응하는 2D 이미지에 따라 증착될 수 있다.

[0241] [0244] 한 실시예에서, 경화 반응은 광경화 반응을 포함할 수 있다. 광경화 반응은 예를 들어 UV 광 조사를 포함하는 조사에 의해 유도될 수 있다. 예를 들어, 조형 재료(520)의 전체 층(522)이 비선택적 방식으로 조사될 수 있다. 한 예에서, 보충 조형 재료(360)는 광경화성 수지를 포함할 수 있다. 광경화성 수지는 백본 수지와 광개시제를 포함할 수 있다. 다른 예에서, 보충 조형 재료(360)는 백본 수지를 포함할 수 있고, 캐리어 유체(320)는 광개시제를 포함할 수 있다. 또 다른 예에서, 캐리어 유체(320)는 백본 수지를 포함할 수 있고, 보충 조형 재료(360)는 광개시제를 포함할 수 있다. 일반적으로, 이 실시예 및 다른 실시예에서, 화학 반응 및/또는 상태 변화를 일으키거나 가능하게 하기 위해 필요할 수 있는 복수의 성분들이 있을 수 있고, 이들 성분들 중의 하나 이상이 캐리어 유체(320)에 포함될 수 있고, 나머지 성분들은 보충 조형 재료(360)에 포함될 수 있다.

[0242] [0245] 다른 실시예에서, 경화 반응 및/또는 상태 변화는 열적 경화 반응 및/또는 상태 변화를 포함할 수 있다. 열적 경화는 온도 변화(예컨대, 열에의 노출)에 의해 유도될 수 있다. 예를 들어, 조형 재료(520)의 전체 층(522)은 비선택적 방식으로 가열될 수 있다. 한 예에서, 보충 조형 재료(360)는 열 경화성 수지를 포함할 수 있다. 이 열 경화성 수지는 백본 수지 및 열 개시제를 포함할 수 있다. 다른 예에서, 보충 조형 재료(360)는 백본 수지를 포함할 수 있고, 캐리어 유체(320)는 열 개시제를 포함할 수 있다. 또 다른 예에서, 캐리어 유체(320)는 백본 수지를 포함할 수 있고, 보충 조형 재료(360)는 열 개시제를 포함할 수 있다.

[0243] [0246] 또 다른 실시예에서, 경화 반응은 수동 경화 반응을 포함할 수 있다. 수동 경화 반응은 적절한 환경에서 일어날 수 있고 일정 시간 내에 완료될 수 있다. 한 예에서, 보충 조형 재료(360)는 수동적으로 경화 가능한 수지를 포함할 수 있다. 수동적으로 경화 가능한 수지는 백본 수지 및 개시제를 포함할 수 있다. 다른 예에서, 보충 조형 재료(360)는 백본 수지를 포함할 수 있고, 캐리어 유체(320)는 개시제를 포함할 수 있다. 또 다른 예에서, 캐리어 유체(320)는 백본 수지를 포함할 수 있고, 보충 조형 재료(360)는 개시제를 포함할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 보충 조형 재료는, 증착 동안에 액체 상태이지만 증착 직후에 고체로 되는 결합제 재료를 포함할 수 있다. 이 실시예에서, 캐리어 유체(320)는 보충 조형 재료(360)와 화학적으로 상호 작용하지 않는다. 이는, 선택적 증착 유닛(620) 내에서 용융되고 증착시에 냉각될 수 있는 왁스 및/또는 다른 중합체와 같은 보충 조형 재료(360)의 사용을 통해 달성될 수 있다. 캐리어 유체(320)는 보충 조형 재료(360)로부터 열 에너지를 흡수하는 그의 능력을 최적화하도록 선택될 수 있다. 예시적인 캐리어 유체(320)는 높은 열용량을 갖는 하나 이상의 성분들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 캐리어 유체(320)는 물 및/또는 오일을 포함할 수 있다.

[0244] [0247] 일부 실시예들에서, 보충 조형 재료(360)는 캐리어 유체(320)와 반응하지 않는 결합제를 포함할 수 있다. 한 실시예에서, 보충 조형 재료(360)는 왁스(및/또는 중합체)를 포함할 수 있다. 조형 재료(520)는 왁스가 용융 상태일 수 있도록 높아진 온도에서 증착될 수 있다. 냉각시에, 왁스는 고체 상태일 수 있다. 한 실시예에서, 캐리어 유체(320)는 왁스로부터 열 에너지를 흡수할 수 있는 성분을 포함할 수 있으며, 그래서 왁스의 고화가 촉진될 수 있다. 따라서 왁스는 분말(310)을 결합시킬 수 있다.

[0245] [0248] 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 보충 조형 재료(360)는 단량체(monomer)를 포함할 수 있다. 한 실시예에서, 그 단량체는 실온에서 고체일 수 있다. 예시적인 단량체는 노보넨(norbornene)을 포함할 수 있다. 조형 재료(520)는 단량체가 용융 상태일 수 있도록 높아진 온도에서 증착될 수 있다. 증착시에, 단량체는, 예를 들어, 조사, 화학적 처리 및/또는 열 처리를 포함하는 중합 공정을 통해 중합 및/또는 고화될 수 있다. 따라서, 중합체는 분말(310)을 결합시킬 수 있고 중합을 통해 결합 강도가 증가될 수 있다. 일부 실시예들에서, 결과적인 중합체는 소결 동안에 분해될 수 있다.

- [0246] [0249] 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 보충 조형 재료(360)는 격자 구조로 증착될 수 있다. 보충 조형 재료(360)를 증착하기 전에, 고체 경화 이미지들을 사용하는 경우에도 부품 내의 유체 경로들이 이용 가능한데, 왜냐하면, 치밀화 공정에 의해 본질적으로 다공성인 구조가 남겨질 수 있기 때문이다. 그러나, 보충 조형 재료(360)의 증착 후에, 분말(310)을 결합시키는 어떠한 재료도 유체 유동을 차단할 수 있다. 따라서, 보충 조형 재료(360)는 유체 유동 및 다음 층들로부터의 유체 제거를 가능하게 하도록 격자 구조를 사용하여 증착될 수 있다.
- [0247] [0250] 도 45를 참조하면, 3차원 대상물(800)은 비타겟 영역(526)을 기반으로 형성되는 것으로 나타나 있다. 일부 실시예들에서, 캐리어 유체(320)(예를 들어, 도 35a에 나타나 있음)는 경화성 재료를 포함할 수 있고 보충 조형 재료(360)는 경화성 재료의 경화 반응 및/또는 상태 변화를 억제할 수 있다. 비제한적인 예는, 캐리어 유체(320)로서 아크릴레이트 또는 메타크릴레이트 수지 및 광개시제의 사용, 및 비스[2-(*o*-클로로페닐)-4,5-디페닐이미다졸] 또는 개시제에 대해 상보적인 다른 유사 종(species)과 같은, 보충 조형 재료(360)로서 임의의 공지된 자유 라디칼 광억제제의 용액의 사용을 포함할 수 있다. 따라서, 분말(310)은 비타겟 영역(526)에 결합될 수 있다. 한 실시예에서, 비타겟 영역(526) 내의 분말(310)은 3차원 대상물(800)의 적어도 일부분 또는 층(820)을 형성할 수 있다. 보충 조형 재료(360)는 3차원 대상물(800)의 디지털 모델의 슬라이스에 대응하는 2D 이미지의 보충적인 이미지에 따라 증착될 수 있다.
- [0248] [0251] 한 실시예에서, 경화 반응은 광경화 반응을 포함할 수 있다. 광경화 반응은, 예를 들어, UV 광 조사를 포함하는 조사에 의해 유도될 수 있다. 예를 들어, 조형 재료(520)의 전체 층(522)이 비선택적 방식으로 조사될 수 있다. 한 예에서, 캐리어 유체(320)는 광경화성 수지를 포함할 수 있다. 광경화성 수지는 백본 수지와 광개시제를 포함할 수 있다.
- [0249] [0252] 다른 실시예에서, 경화 반응은 열 경화 반응 및/또는 상태 변화를 포함할 수 있다. 열 경화는 온도 변화(예컨대, 열에의 노출)에 의해 유도될 수 있다. 예를 들어, 조형 재료(520)의 전체 층(522)은 비선택적 방식으로 가열될 수 있다. 한 예에서, 캐리어 유체(320)는 열 경화성 수지를 포함할 수 있다. 열 경화성 수지는 백본 수지 및 열 개시제를 포함할 수 있다.
- [0250] [0253] 또 다른 실시예에서, 경화 반응은 수동 경화 반응 및/또는 상태 변화를 포함할 수 있다. 수동 경화 반응은 적절한 환경에서 일어날 수 있고 일정 시간 내에 완료될 수 있다. 한 예에서, 캐리어 유체(320)는 수동적으로 경화 가능한 수지를 포함할 수 있다. 수동적으로 경화 가능한 수지는 백본 수지 및 개시제를 포함할 수 있다.
- [0251] [0254] 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 전술한 설명과 유사하게, 보충 조형 재료(360)는 유체 유동 및 다음 층들로부터의 유체 제거를 가능하게 하도록 격자 구조 및/또는 임의의 다른 적합한 다공성 구조로 증착될 수 있다.
- [0252] [0255] 도 46을 참조하면, 유체 증착 유닛(620)은 각 층(522)의 하나 이상의 타겟 영역들(524)에 대해 보충 조형 재료(360)를 증착하는 것으로 나타나 있고, 타겟 영역들(524)은 지지 표면 층(198)에 대응한다. 이 지지 표면 층(198)은 부품(190)과 지지 구조(192) 사이에 위치될 수 있다. 보충 조형 재료(360)는 소결 억제제(330)를 포함할 수 있다. 예시적인 소결 억제제(330)는 적어도 부분적으로 과산화물 용액, 다른 산화제, 또는 소결을 억제하는 다른 제제로 구성될 수 있다. 지지 표면층(198)은 부품(190) 및/또는 지지 구조(192)의 경화와 동일한 방식으로 경화될 수 있다. 따라서, 소결 전에 부품(190)과 지지 구조(192)는 취급을 용이하게 하기 위해 지지 표면 층(198)에 의해 연결될 수 있다. 소결 억제제(330)는 지지 표면층(198)의 소결을 억제할 수 있으며, 그래서 부품(190)은 지지 구조(192)에 영구적으로 부착되지 않고 그 지지 구조로부터 쉽게 분리될 수 있다. 예시적인 소결 억제제(330)는 과산화수소를 포함할 수 있다.
- [0253] [0256] 도 47-53은 예시적인 시스템(101)의 상세도를 나타낸다. 도 49 및 50은 단면도이다. 재료 증착 시스템(130)은, 선택적 증착 유닛들(620A, 620B)을 포함하는 2개의 선택적 증착 유닛들(620) 사이에 위치되어 있는 것으로 나타나 있다. 작업 중에, 재료 증착 시스템(130)이 조형 재료(520)(도 32에 나타나 있음)의 한 층을 증착하는 동안에, 재료 증착 시스템(130)과 선택적 증착 유닛(620A)은 우측으로 스크롤할 수 있다. 선택적 증착 유닛(620B)은 보충 조형 재료(360)(도 41에 나타나 있음)를 증착하는 동안에 우측으로 스크롤할 수 있다. 재료 증착 시스템(130)이 조형 재료(520)의 다음 층을 증착하는 동안에, 재료 증착 시스템(130) 및 선택적 증착 유닛(620B)은 좌측으로 스크롤할 수 있다. 선택적 증착 유닛(620A)은 보충 조형 재료(360)를 증착하는 동안에 좌측으로 스크롤할 수 있다. 작업은 모든 층들이 증착될 때까지 반복될 수 있으며, 보충 조형 재료(360)가 필요에 따라 그에 증착된다. 유리하게는, 병진 이동의 각 트립(trip)이 층을 완성할 수 있으며 그래서 SFF의 효율이

개선될 수 있다. 도 54 및 55는 각각 재료 증착 시스템(130) 및 선택적 증착 유닛(620A, 620B)의 상세도 및 단면도를 나타낸다. 도 56은 선택적 증착 유닛(620)의 상세도를 나타낸다. 선택적 증착 유닛(620)은 분출 헤드(또는 프린트 헤드)(622)의 어레이를 포함할 수 있다. 당업자는 재료 증착 시스템(130) 및 선택적 증착 유닛(들)(620)은 개별적인 시간에 그리고/또는 개별적인 모터들에 의해 움직일 수 있음을 인식할 것이다.

[0254] [0257] 도 40을 다시 참조하면, 방법(700)에 따라, 조형 재료(520)의 상태가 조사를 통해 수정될 수 있다. 다음 도들에 도시되어 있는 바와 같은 실시예들은 단지 예시적인 목적으로 SFF 제작을 위한 조사의 예시적인 구현예들을 나타낸다. 당업자는 임의의 다른 적절한 유형의 이미징 및/또는 조사 시스템들이 위에서 설명된 도들에 나타나 있는 시스템(101)으로 구현될 수 있음을 이해할 것이다. 이러한 이미징 시스템들의 예시적인 유형들은 상업용 DMD(Digital Micromirror Device) 이미징 시스템, 액정 디스플레이(LCD) 마스크 등을 포함할 수 있다. 조사선은 가시적이거나 비가시적인 임의의 적절한 파장의 광학적 조명(및/또는 조사), 전자빔 방사선, 이온빔 방사선, 중성자빔 방사선, x-선 방사선 및/또는 이미지들이 형성될 수 있는 다른 형태의 방사선을 포함할 수 있고, 조사선은 조사되는 재료를 적절하게 수정하게 된다. 따라서, 다양한 실시예들에서, 조명이 단지 예시적인 목적으로 전자기파(또는 에너지)를 제공하기 위해 사용되지만, 적절한 파장(들)의 임의의 조사선이 제한 없이 전자기 에너지를 제공하기 위해 사용될 수 있다. 도 57을 참조하면, 예시적인 이미징 유닛(640)은, 전자기 에너지를 이미징 표면(521) 상의 선택된 영역을 상으로 조사하면서 방향(들)(648)(또는 스캔 방향)으로 이미징 표면(521) 위쪽에서 병진 이동하도록 구성될 수 있다. 단지 예시적인 목적으로, x 방향은 스캔 방향(648)에 평행할 수 있고 y 방향은 교차 스캔 방향일 수 있다. 다양한 실시예들에서, 스캔 방향 및 교차 스캔 방향은 x 및 y 방향에 대해 임의의 다른 적절한 배향일 수 있다. 방향(648)은 2개의 반대 방향들 및/또는 단일 방향을 포함할 수 있다. 다양한 실시예들에서, 방향(648)은 이미징 표면(521) 또는 조형대 작업 표면(162)에 평행할 수 있다. 일부 실시예들에서, 방향(648)은 조형 재료 유닛(500)(도 30에 나타나 있음)의 병진 이동 방향에 평행할 수 있다. 일부 실시예들에서, 이미징 유닛(640)은 선택적 처리 유닛(600)(도 30에 나타나 있음)의 적어도 일부분일 수 있다. 이미징 표면(521)은 이미징 유닛(640)에 의해 조사될 임의의 기재 및/또는 재료를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 이미징 표면(521)은 활성 작업 표면(167), 조형 재료(520)(도 30에 나타나 있음), 조형 재료(520)의 정상 영역, 또는 실질적으로(예를 들어, 3-50 미크론의 깊이까지) 조형 재료(520)의 정상 표면 또는 조형대 작업 표면(162)을 포함할 수 있다. 그러나, 이미징 유닛(640)은 시스템(101)에 한정되지 않는 임의의 다른 시스템에서 구현될 수 있다.

[0255] [0258] 이미징 유닛(640)은 임의의 적절한 방식으로 이미징 표면(521)에 대해 움직일 수 있다. 한 실시예에서, 이미징 유닛(640)은 이미징 표면(521)에 대해 고정된 하우징(나타나 있지 않음) 내에 있을 수 있고, 이미징 유닛(640)은 하우징에 대해 스크롤될 수 있다. 다른 실시예에서, 이미징 유닛(640)은 하우징에 대해 고정될 수 있고 하우징은 이미징 표면(521)에 대해 스크롤될 수 있다. 다른 실시예에서, 이미징 유닛(640)은 이미징 표면(521)에 대해 움직일 수 있다. 다른 실시예에서, 이미징 표면(521)은 이미징 유닛(640)에 대해 움직일 수 있다.

[0256] [0259] 도 58을 참조하면, z 방향으로 대해 본 이미징 유닛(640)의 개략도가 나타나 있다. 이미징 유닛(640)은 646A-D로 나타나 있는 복수의 조명원 그룹들(646)을 포함하는 것으로 나타나 있다. 조명원 그룹들(646)은 x 방향으로 분포되어 있는 것으로 나타나 있다. 일부 실시예들에서, 조명원 그룹들(646)은 x 방향을 따라 정렬될 수 있다. 각 조명원 그룹(646)은, 예를 들어, 조명원들(642A-642E)을 포함하는 조명원들(642)의 어레이를 포함하는 것으로 나타나 있다. 나타나 있는 바와 같은 예들에서, A-E의 알파벳 순서는 이미징 표면(521)에 접근하는 순서를 나타낼 수 있다. 다소 다르게 말하면, 선택된 조명원 그룹(646) 중에서, 먼저 조명원(642A)이 이미징 표면(521)의 x 방향으로 주어진 위치에 접근할 수 있고, 마지막으로 조명원(642E)이 이미징 표면(521)의 x 방향으로 그 주어진 위치에 접근할 수 있다. 조명원들(642)의 어레이는 이미징 표면(521)(도 57에 나타나 있음)에서 이미지들(662)의 어레이(도 59에 부분적으로 나타나 있음)를 생성할 수 있다. 조명원들(642)의 어레이는 이미지들(662)의 어레이에 직접 대응할 수 있다. 다소 다르게 말하면, 이미징 유닛(640)의 작동 중 주어진 순간에, 이미징 표면(521)을 조사하는 각 조명원(642)이 각각 이미지(662)를 생성할 수 있다.

[0257] [0260] 일부 실시예들에서, 조명원들(642)의 어레이 및 이미지들(662)의 어레이의 형상, 치수 및/또는 크기는 동일할 수 있다. 선택적으로, 이미징 유닛(640)은, 생성된 이미지들 및/또는 그 이미지들 사이의 거리를 감소 및/또는 증가시키기 위해 조명 경로에 투영 광학 기구(645)(도 66에 나타나 있고, 예를 들어, 광학 렌즈(들) 및/또는 거울들을 포함함)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 조명원(642)의 선형 크기와 대응 이미지(662) 사이의 비가 1 보다 크거나 작을 수 있도록, 투영 광학 기구(645)는 조명원(642)에 대응하는 이미지(662)의 선형 크기를 변경할 수 있다. 따라서, 도 58은 단지 예시적인 목적으로 선택된 크기, 간격 및 형상의 조명원들(642)을

나타내지만, 이미징 유닛(640)은 도 59에서 설명한 바와 같은 이미지들(662)의 어레이를 생성하기 위해 조명원들(642) 및 투영 광학 기구(645)의 임의의 다른 적절한 배열 및/또는 크기를 사용할 수 있다.

[0258] [0261] 각 조명원 그룹(646)은 y 방향을 따라 분포된 복수의 조명원 부분 세트들(641)을 포함하는 것으로 나타나 있다. 일부 실시예들에서, 복수의 조명원 부분 세트들(641)은 y 방향을 따라 정렬될 수 있다. 예를 들어, 하나의 조명원 그룹(646)에 있는 선택된 조명원 부분 세트들(641)의 특정된 조명원(642)(예컨대, 선택된 조명원 부분 세트들(641)의 조명원들(642A) 또는 선택된 조명원 부분 세트들(641)의 조명원들(642B) 등)은 y 방향에 평행한 선을 따라 위치될 수 있다.

[0259] [0262] 각 조명원 부분 세트(641)는 복수의 조명원들(642)을 포함한다. 예를 들어, 조명원들(642A-642E)은 조명원 부분 세트들(641) 중의 하나를 형성할 수 있다. 각 조명원 부분 세트(641)는, 이미징 유닛(640)의 병진 이동을 통해, 적어도 전체 픽셀 영역(664)(예컨대, 도 60에 나타나 있음)을 조사할 수 있는 이미지들(662)을 생성하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 조명원 그룹들(646)에 있는 조명원 부분 세트들(641)의 수는 이미징 유닛(640)이 조사하는 타겟 영역(나타나 있지 않음)의 폭을 가로지르는 픽셀 영역들(664)의 수 보다 크거나 같을 수 있고, 폭은 방향(648)에 수직으로 측정된다. 그래서 타겟 영역은 한번의 패스로 스캔링하는 이미징 유닛(640)을 통해 완전히 이미징될 수 있다. 다른 실시예들에서, 조명원 그룹들(646)에 있는 조명원 부분 세트들(641)의 수는 타겟 영역의 폭을 가로지르는 픽셀 영역들(664)의 수보다 작을 수 있고, 따라서 타겟 영역은 다수의 패스들로 스캔링하는 이미징 유닛(640)을 통해 완전히 이미징될 수 있다. 일부 실시예들에서, 각 조명원 그룹(646)의 선택된 조명원 부분 세트(641)가 x 방향을 따라 위치될 수 있도록 조명원 그룹들(646)은 x 방향을 따라 정렬될 수 있다. 예를 들어, 각 조명원 그룹(646)의 선택된 조명원 부분 세트들(641)의 특정된 조명원들(642)(예컨대, 선택된 조명원 부분 세트들(641)의 조명원들(642A) 또는 선택된 조명원 부분 세트들(641)의 조명원들(642B) 등)은 x 방향에 평행한 선을 따라 위치될 수 있다.

[0260] [0263] 다양한 실시예들에서, 이미징 유닛(640)은 마이크로 발광 다이오드(microLED) 칩 또는 어레이를 포함할 수 있으며, 각 조명원(642)은 마이크로 LED를 포함한다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 이미징 유닛(640)은 입사 광원으로부터 오는 방사선을 반사하도록 구성된 DMD(Digital Micromirror Device) 칩을 포함할 수 있다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 이미징 유닛(640)은 광원과 액정 디스플레이(LCD) 마스크의 조합을 포함할 수 있다. LCD 마스크는 LCD 렌즈들(또는 LCD 구멍들)의 어레이를 포함할 수 있고, 각 조명원들(642)은 전자 제어 신호들을 통해 턴 온/오프될 수 있는 투명도를 갖는 LCD 렌즈들을 포함한다.

[0261] [0264] 일부 실시예들에서, 조명원들(642)의 크기가 인접하는 조명원들(642) 사이의 피치 크기보다 작을 때 마이크로 LED가 각 조명원(642)의 요구되는 영역 내의 조명(및/또는 조사)만을 제한할 수 있기 때문에, 마이크로 LED가 바람직한 구성일 수 있다. 대조적으로, DMD 및 LCD 구성은 둘 다 조명원들(642) 사이의 영역에 조명을 제공하며, 이는 일부 광학 에너지를 낭비하고 DMD 칩 또는 LCD 마스크를 불필요하게 과열시킬 수 있다.

[0262] [0265] 투영 광학 기구(645)는, 예를 들어 반사, 굴절, 비점수차(astigmatism), 및/또는 수차(aberration)를 포함하는 임의의 기구를 통해, 조명원(642)으로부터 오는 입사 광 비임의 크기, 형상 및/또는 위치를 변경하는 어떤 적절한 광학 장치들이라도 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 임의의 선택된 유형의 조명원들(642)에 대해, 이미징 유닛(640)은 마이크로렌즈들의 어레이를 포함할 수 있고(각 마이크로렌즈는 각각 마이크로 LED에 대응함), 이미지들(662)의 크기를 얻기 위해 방사선을 포커싱(및/또는 디포커싱)하면서, 마이크로 LED로부터 오는 방사선을 이미징 표면(521) 또는 다른 광학 장치들 및 그런 다음에 이미징 표면(521)으로 향하게 할 수 있다.

[0263] [0266] 도 59를 참조하면, 조명원 그룹들(646)(도 58에 나타나 있음)에 의해 생성된 이미지 그룹들(666)의 일부만이 명확성과 예시 목적을 위해 확대도로 나타나 있다. 나타나 있는 예들에서, 이미지 그룹들(666A), (666B)은 조명원 그룹들(646A), (646B)에 의해 각각 생성된다(도 58에 나타나 있음). 이미지 그룹들(666)은 x 방향을 따라 분포되고 정렬된 것으로 나타나 있다. 모든 조명원 그룹(646)에 의해 형성된 이미지 그룹들(666)은 반복된 노출 및 조명원 그룹(642)과 이미징 표면(521) 사이에서의 x 방향 상대 운동 후에 전체 이미지(660)(부분적으로 나타나 있음)를 구성할 수 있다.

[0264] [0267] 이미징 그룹(666)은 조명원들(642)(도 58에 나타나 있음)의 어레이에 의해 생성된 이미지들(662)의 어레이를 포함할 수 있다. 이 예에서, 이미지들(662A)-(662E)는 각각 조명원들(642A)-(642E)(도 58에 나타나 있음)에 의해 생성된다. 이미지들(662)의 어레이는 y 방향에 평행한 것으로 나타나 있는 복수의 열들(668)을 포함하는 것으로 나타나 있다. 주어진 열(668)에서, 2개의 인접하는 이미지들(662) 사이의 중심간 거리(D)는 이미지(662)의 폭(W)보다 큰 것으로 나타나 있다. 복수의 열들(668) 각각은, 0보다 크고 각 이미지(662)의 폭

(W)보다 크지 않은 오프셋 거리(S)만큼 인접 열(668)로부터 오프셋될 수 있다. 따라서, 조명원들(642)이 x 방향으로 병진 이동될 때, 그 사이에 오프셋을 갖는 2개의 이미지들(662) 사이에(예를 들어, 이를테면, 이미지들(662C), (662D) 사이에) 비조명 틈이 없을 수 있다.

[0265] [0268] 열들(668)의 수는, 열들(668)이 픽셀 영역(664)(예를 들어, 도 60에 나타나 있음)을 가로질러 선형으로 병진 이동하여 픽셀 영역(664)을 적어도 완전히 이미징하기에 충분할 수 있도록 선택될 수 있다. 다소 다르게 말하면, 이미지 그룹(666)에서 열들(668)의 수는 조명원 부분 세트(641)(도 58에 나타나 있음)에 있는 조명원들(642)의 수와 같을 수 있다. 그 수는 이미지(662), 픽셀 영역(664) 및/또는 오프셋 거리(S)(모두 y 방향으로 있음)의 크기에 근거할 수 있다. 도시된 예에서, 각 이미지(662)의 폭(W) 및 오프셋 거리(S)는 모두 픽셀 영역(664)의 폭의 1/5이다. 따라서, 이미지 그룹(666)은 적어도 5개의 열들(668)을 포함할 수 있다.

[0266] [0269] 한 실시예에서, 인접하는 열들(668) 사이의 간격은 x 방향으로의 픽셀 영역(664)의 크기와 같을 수 있다. 그러나, 거리는 x 방향으로의 픽셀 영역(664)의 크기보다 크거나 작은 임의의 적절한 값일 수 있다. x 방향으로의 인접하는 열들(668) 사이의 간격은 완전한 이미징에 필요한 운동의 양을 줄이기 위해 더 짧을 수 있으며 또한 이미징 유닛(640)의 크기를 줄일 수 있다. 인접하는 열들(668) 사이의 더 큰 간격은 이미징 유닛(640)의 크기를 증가시킬 수 있고 마이크로 LED 칩상의 단위 면적당 평균 열 부하를 감소시킬 수 있지만, 이미지를 완성하는 데에 필요한 운동의 양을 증가시킬 수 있다. 간격은 특정 용도에 따라 최적화될 수 있다. 조명원들(642)을 턴 온/오프하는 시기를 선택하여, X 방향으로의 부분 픽셀 길이 변이(shift)가 달성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 노출은 개별적인 위치들에 있을 필요가 없다. 레이저 래스터링(rastering) 시스템과 유사하게, 칩이 연속적으로 움직이는 동안에, 조명원들(642)은 턴 온/오프될 수 있다.

[0267] [0270] 도 60을 참조하면, 병진 이동을 통해 조명원 부분 세트(641)(도 58에 나타나 있음)에 의해 조사되는 예시적인 픽셀 영역(664)이 나타나 있다. 이 픽셀 영역(664)은 복수 칼럼의 이미지들(662)을 포함할 수 있으며, 각각은 조명원들(642A)-(642E)(도 58에 나타나 있음)에 의해 각각 조사된다. 병진 이동 동안에 조명원들(642A)-(642E)을 턴 온/오프하여, 픽셀 영역(664) 내의 이미지 해상도는 이미지들(662)의 오프셋 거리(S)에 근거할 수 있다.

[0268] [0271] 도 58-60에서 기술한 이미징 유닛(640)은, 적어도 다음과 같은 이유로 다른 노출 및/또는 조사 시스템들보다 유리할 수 있다. 조명원 부분 세트(641)는 전체 픽셀 영역(664)을 조사하도록 구성된다. 조명원들(642A)-(642E) 중의 하나에 결함이 있더라도(발광할 수 없거나 턴 오프될 수 없더라도) 다른 조명원 그룹(들)(646)에 있는 대응하는 조명원(들)(642)이 픽셀 영역(664) 위쪽에서 병진 이동될 수 있고, 결함 있는 조명원에 대해 어느 정도의 보상을 제공한다. 도 58에 나타나 있는 예는 4개의 조명원 그룹들(646)을 포함하며, 그래서 이미징 표면(521)(도 57에 나타나 있음) 상의 선택된 지점이 4개의 조명원들(642)에 의해 조사될 수 있다. 하나의 조명원이 발광할 수 없는 경우에, 픽셀 영역을 완전히 조명(및/또는 조사)하고자 할 때, 나머지 3개의 조명원들이 픽셀 영역을 원하는 값의 3/4 강도로 조명했을 것이다. 턴 오프될 수 없는 조명원의 경우에, 픽셀 영역을 조명하지 않으려면 조명은 전체 값의 1/4이 될 것이다. 중복되는 조명원 그룹들(646)의 수는, 재료의 노출에 실질적인 유해한 영향을 주지 않는 정도로 결함 픽셀들의 영향이 최소화되도록 충분히 크게 선택될 수 있다. 이러한 중복성은, 한 위치에서의 조사 실패로 인해 결함 제품이 생길 수 있는 소규모 SFF에서 높은 수율을 보장하기 위해 중요할 수 있다. 또한, 마이크로 LED 칩에 제공되는 마이크로 LED와 같은 이미징 유닛(640)의 새로운 조명원들(642)도 마이크로 전자 장치 제조 기술의 한계로 인해 어떤 결함률을 가질 수 있으며, 그 결함률은 사용함에 따라 증가한다. 조명원 그룹들(646)의 통합은 결함률을 허용할 수 있으며, 그래서 불완전한 광원들의 사용을 허용함으로써 조명원들(642)의 비용을 줄이고 또한 이미징 유닛(640)의 사용 수명을 연장시킬 수 있다.

[0269] [0272] 이미징 유닛(640)이 단지 예시적인 목적으로 SFF에 사용되는 것으로 나타나 있지만, 이미징 유닛(640)은 광학 이미징을 사용하는 임의의 적절한 용례들에 사용될 수 있다. 예시적인 용례들은 플라스틱 인쇄 시스템(예컨대, 스테레오리소그래피), 인쇄 회로 기판(PCB) 리소그래피 및/또는 광 경화성 재료를 사용하여 중합체 부품을 제조하는 다른 시스템 또는 원하는 기하학적 구조로 선택적으로 노출될 필요가 있는 조사선 민감성 재료(들)를 사용하는 다른 제조 공정들을 포함할 수 있다.

[0270] [0273] 또한, 작은 크기의 이미지들(662)을 노출시킴으로써, 이미징 유닛(640)은 고해상도를 달성할 수 있다. 모든 이미지들(662) 중의 단지 하나 또는 일부가 주어진 순간에 각 픽셀 영역(664)에 대해 한 순간에 형성되기 때문에, 각 픽셀 영역(664)의 모든 이미지들(662)이 동시에 노출되는 경우와 비교하여, 제어/구동 시스템에 대한 유효 픽셀 수를 줄일 수 있다. 다소 다르게 말하면, 주어진 능력의 제어/구동 시스템으로, 더 많은 수의 픽

셀 영역들(664)이 노출될 수 있으며, 그래서 노출 면적이 증가될 수 있고 또한 SFF의 생산성이 증가될 수 있다. 이러한 이점은, 예를 들어 도 64 및 65에 도시된 예에서와 같이, 노출이 이미징 유닛(640)을 스캔하는 것을 필요로 하지 않더라도 이미징 유닛(640)에서 얻어질 수 있다.

[0271] [0274] 도 61을 참조하면, 다른 예시적인 이미징 유닛(640)이 나타나 있다. 도 58 및 61의 이미징 유닛(640)은, 조명원들(642)의 크기가 도 61에서 더 크다는 점을 제외하고는 유사하다.

[0272] [0275] 도 62를 참조하면, 조명원 그룹들(646)(도 61에 나타나 있음)에 의해 생성된 이미지 그룹들(666)의 일부 분이 명확성과 예시적인 목적을 위해 확대도로 나타나 있다. 도 59 및 62의 이미지 그룹들(666)은 이미지(662)의 크기가 도 62에서 더 크다는 점을 제외하고는 유사하다. 오프셋 거리(S)는 이미지(662)의 선형 크기(또는 y 방향의 폭)보다 작은 것으로 나타나 있다. 도시된 바와 같은 예에서, 각 이미지(662)의 폭(W)은 픽셀 영역(664)(도 63에 나타나 있음) 폭의 2/5이고 오프셋 거리(S)는 그 픽셀 영역(664)의 폭의 1/5이다. 따라서, 이미지 그룹(666)은 픽셀 영역(664) 내의 5 개의 노출 위치들을 노출시키기 위해 5개의 열들(668)을 포함할 수 있다.

[0273] [0276] 도 63을 참조하면, 병진 이동을 통해 조명원 부분 세트(641)(도 61에 나타나 있음)에 의해 조사되는 예시적인 픽셀 영역(664)이 나타나 있다. 픽셀 영역(664)은 복수 칼럼의 이미지들(662)을 포함할 수 있으며, 각각은 조명원들(642A-642E)(도 62에 나타나 있음)에 의해 조사된다. 병진 이동 동안에 조명원들(642A-642E)을 턴 온/오프시킴으로써, 픽셀 영역(664) 내의 이미지 해상도는 오프셋 거리(S)(도 62에 나타나 있음)에 적어도 부분적으로 근거할 수 있다.

[0274] [0277] 따라서, 이미징 유닛(640)(도 61에 나타나 있음)은, 이미지(662)의 폭(W) 보다 작은 오프셋 거리(S)를 도입하여 이미지(662)의 선형 크기보다 미세한 해상도를 달성할 수 있다. 그러나, 각 이미지(662)의 크기는 오프셋 거리(S)(달성된 최소 간격일 수 있음)보다 크기 때문에, 생성된 최종 이미지는 가장자리들에서 광 노출 강도의 구배(gradient)를 가질 수 있다. 최종 이미지의 선명도가 감소될 수 있지만, 이러한 이미징 유닛(640)은 증가된 광 출력(및 따라서 노출 효율)의 이점을 제공할 수 있다. 다양한 실시예들에서, 도 61-63의 각 이미지(662) 및/또는 조명원들(642)의 면적이 도 58-60의 각 이미지(662) 및/또는 조명원들(642)의 면적 보다 클 수 있기 때문에 광 출력이 증가될 수 있다. 다소 다르게 말하면, 도 61-63은 더 큰 크기의 이미지(662)를 사용할 수 있고 오프셋 거리(S)를 이용하여 고해상도를 달성할 수 있다. 이는 이미지 선명도를 줄이면서 광 출력을 증가시킨다. 따라서 특정 용례들에 따라, 이미지(662)의 크기를 선택하여, 광 출력과 이미지 선명도 간의 절충을 이룰 수 있다.

[0275] [0278] 도 64는 대안적인 이미징 유닛(나타나 있지 않음)에 의해 생성된 전체 이미지(660)를 나타내며, 그 전체 이미지(660)는 이미지들(662)의 어레이를 포함한다. 이미지(662)는 대응하는 픽셀 영역(664) 내에 형성될 수 있고, 전체 이미지(660)는 픽셀 영역(664) 내에서 이미지(662)를 x 및 y 방향 모두로 이동시켜 형성될 수 있다. 이미지(662)의 크기는 픽셀 영역(664)의 크기보다 작다. 그래서 조사의 해상도는 이미지(662)의 크기에 근거할 수 있다. 픽셀 영역(664) 내에서 이미지(662)의 이동은, 예를 들어, 하나 이상의 회전 가능한 굴절 렌즈들을 포함하는 조명 경로 내의 투영 광학 기구(645)(도 66에 나타나 있음)에 의해 달성될 수 있다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 칩을 이동시키고 투영된 이미지에서 비례적인 이동을 생성하기 위해 마이크로 LED 어레이를 2-축 운동 스테이지(나타나 있지 않음)에 장착하여 이미지 이동을 달성할 수 있다.

[0276] [0279] 도 65는 다른 대안적인 이미징 유닛(나타나 있지 않음)에 의해 생성된 전체 이미지(660)를 나타낸다. 도 64 및 65로 설명된 바와 같은 이미징 유닛은, 이미지(662)의 크기가 도 64에서 보다 도 65에서 더 크다는 점을 제외하면 유사하다. 이미지(662)는 대응하는 픽셀 영역(664) 내에 형성될 수 있고, 전체 이미지(660)는 이미지(662)의 폭 또는 길이보다 작은 거리만큼 이미지(662)를 픽셀 영역(664) 내에서 x 및 y 방향 모두로 이동시킴으로써 형성될 수 있다. 그래서 조사 의 해상도는 이미지(662)가 이동되는 거리에 근거할 수 있다. 전술한 바와 같은 이유와 유사하게, 도 64와 비교하여, 도 65에서 얻어진 이미지(660)는 이미지 선명도를 감소시키면서 광 출력을 증가시킬 수 있다.

[0277] [0280] 도 64 및 65에 의해 설명된 이미징 유닛은 고해상도 및 더 큰 노출 면적의 이점도 달성한다. 그러나, 도 64 및 65는 도 58 및 61에서 설명한 것과 동일한 운동 제어를 통해 중복성의 이점을 달성하지 못한다. 중복성을 달성하기 위해, 이미징 유닛은 대각선형 픽셀 시스템(도 58 및 61에 나타나 있음)에서 보다 더 많은 축에서 더 많은 운동 및 더 큰 범위의 운동을 필요로 할 수 있다. 이미징 유닛은 단축 시스템 대신에 2-축 운동 시스템을 사용할 수 있으며, 그래서 이미징 유닛은 더 클 필요가 있고 더 비싸며 또한 제어하기가 더 복잡할 수 있다.

- [0278] [0281] 도 66을 참조하면, 이미징 유닛(640)의 예시적인 구현예가 나타나 있다. 이미징 유닛(640)은 칩(643)과 투영 광학 기구(645)를 포함하는 것으로 나타나 있으며, 둘 모두 서로에 대해 정적이다. 칩(643)은 위에 설명된 바와 같이 어레이로 통합된 조명원들(642)을 포함할 수 있다. 예시적인 칩(643)은 마이크로 LED 칩을 포함할 수 있다. 칩(643)과 투영 광학 기구(645)는 이미징 표면(521)으로 도시된 인쇄 영역에 걸쳐 방향(648)을 따라 동시에 병진 이동할 수 있다. 단일 렌즈로 나타나 있는 투영 광학 기구(645)는 다수의 광학 요소들을 포함할 수 있고 마이크로렌즈 어레이(들)를 포함할 수 있다.
- [0279] [0282] 도 67을 참조하면, 이미징 유닛(640)의 대안적인 예시적인 구현예가 나타나 있다. 칩(643)은 이미징 표면(521)에 대해 움직일 수 있지만, 투영 광학 기구(645)와 같은 이미징 유닛(640)의 다른 구성 요소들은 이미징 표면(521)에 대해 정적일 수 있다. 칩(643)은 이미징 유닛(640) 내에서 앞뒤로 병진 이동됨으로써 이미지를 병진 이동시킬 수 있다. 예를 들어, 이미징 유닛(640)의 하우징은 정적일 수 있고, 칩(643)은 하우징 내에서 움직일 수 있다.
- [0280] [0283] 도 68을 참조하면, 이미징 유닛들(640)의 어레이가 나타나 있다. 각 이미징 유닛(640)은 도 67에 나타나 있는 예와 유사할 수 있다. 이미징 유닛들(640)의 어레이는 임의로 큰 이미징 영역을 커버할 수 있다. 많은 구현예들에서, 이미지 크기는 단일 이미징 유닛(640)의 점유 면적(footprint) 보다 클 수 있다. 유리하게는, 넓은 이미징 영역이 고효율로 노출될 수 있다.
- [0281] [0284] 도 69를 참조하면, 이미징 유닛(640)의 다른 대안적인 예시적인 구현예가 나타나 있다. 칩(643)은 이미징 표면(521)에 대해 정적일 수 있다. 이미징 유닛(640)은, 이미징 유닛(640) 내에서 앞뒤로 회전될(또는 경사질) 수 있는 적어도 하나의 굴절 요소(647)를 포함할 수 있다. 굴절 요소(647)는 회전을 통해 이미지를 병진 이동시키는 굴절 창을 제공할 수 있다. 유리하게는, 이미징 유닛(640)은 상대적으로 간단하고 낮은 정밀도의 기계적 제어 장치로 고정밀 이미지 이동을 달성할 수 있다. 굴절 요소(647)는 칩(643)과 투영 광학 기구(645) 사이에 위치되는 것으로 나타나 있다. 그러나, 굴절 요소(647)는 칩(643)과 이미징 표면(521) 사이의 임의의 적절한 위치에 위치될 수 있다. 예를 들어, 굴절 요소(647)는 투영 광학 기구(645)와 이미징 표면(521) 사이에 위치될 수 있다.
- [0282] [0285] 도 70을 참조하면, 이미징 유닛들(640)의 어레이가 나타나 있다. 각 이미징 유닛(640)은 도 69에 나타나 있는 예와 유사할 수 있다. 이미징 유닛들(640)의 어레이는 임의로 큰 이미징 영역을 커버할 수 있다. 많은 구현예들에서, 이미지 크기는 단일 이미징 유닛(640)의 점유 면적 보다 클 수 있다. 유리하게는, 넓은 이미징 영역이 고효율로 노출될 수 있다.
- [0283] [0286] 도 71을 참조하면, 예시적인 부품(400)이 나타나 있다. 그 부품(400)은 기다란 몸체(420)를 포함하는 바늘인 것으로 나타나 있다. 이 바늘은 생체(예를 들어, 동물 또는 인간)의 피부 또는 조직에 들어가기 위한 임의의 유형의 바늘을 포함할 수 있다. 기다란 몸체(420)는 팁 부분(440), 허브 부분(460), 팁 부분(440)과 허브 부분(460) 사이의 축 부분(480)을 포함할 수 있다. 팁 부분(440)은 피부에 들어가기 위해 예리한 것으로 나타나 있고, 축 부분(480)의 단면적보다 작은 단면적을 갖는다. 허브 부분(460)은 주사기 배럴(및/또는 나타나 있지 않은 임의의 다른 적절한 장치)에 부착하기 위해 사용될 수 있다. 주사기 배럴은 바늘을 통해 생체에 물질(나타나 있지 않음)을 공급하고 그리고/또는 그 생체로부터 물질을 추출할 수 있다. 축 부분(480)은 바늘의 스템(stem)을 형성하여, 팁 부분(440)과 허브 부분(460)으로부터 거리를 형성할 수 있다.
- [0284] [0287] 팁 부분(440), 허브 부분(460) 및/또는 축 부분(480)은 다공성일 수 있다. 다소 다르게 말하면, 팁 부분(440), 허브 부분(460) 및/또는 축 부분(480)에는 복수의 세공들(430)이 형성될 수 있다. 통상적으로, 바늘은 고체 외벽을 가지며, 고체 벽으로 둘러싸이고 바늘의 전체 길이를 통과하는 단일의 공은 루멘이 그 바늘에 형성된다. 이와는 대조적으로, 팁 부분(440)(또는 허브 부분(460) 또는 축 부분(480))에 복수의 세공들(430)이 형성되는 경우, 팁 부분(440)(또는 허브 부분(460) 또는 축 부분(480))에, 팁 부분(440)을 통과하는 루멘이 반드시 형성되는 것은 아니다. 세공들(430)은 루멘이 필요 없이 바늘을 통해 전달되는 물질을 수용하고 그리고/또는 받을 수 있다.
- [0285] [0288] 다양한 실시예들에서, 세공들(430)은 디지털 방식으로 도입될 수 있다. 다소 다르게 말하면, 바늘의 디지털 모델은 다공물로 정의될 수 있으며, 그래서 디지털 모델에 따라 만들어진 부품(400)은 그 다공물을 가질 수 있다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 세공들(430)은 부품(400)의 소결 주기를 조절하여(불완전한 소결을 통해) 형성될 수 있다. 전술한 바와 같이, 소결 주기는 최종 부품(400)에서 제어된 레벨의 다공물을 얻기 위해 최고 온도 및 스며들기 시간을 감소시키도록 조절될 수 있다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 세공들(430) 중의 적어도 일부는 예를 들어 도금을 포함하는 임의의 적절한 방법을 통해 충전될 수 있다. 따라서,

바늘의 하나 이상의 선택된 부분들은 중실이거나 비다공성일 수 있다. 한 실시예에서, 세공들(430) 중의 일부만을 도금하는 것은, 부품(400)을 도금 용액에 부분적으로 침지함으로써 달성될 수 있다.

- [0286] [0289] 다양한 실시예들에서, 세공들(430)은 50 미크론 이하의 직경을 가질 수 있다. 50 미크론에서, 세공들(430)은 대부분의 유체에 대해 큰 유동 제한을 주지 않는다. 더 작은 크기(예를 들어, 10 미크론 미만)에서, 세공들(430)은 세포 매체를 여과하는 이점을 제공할 수 있다. 바람직하게는, 직경은 100 나노미터의 하한을 가질 수 있는데, 점도가 낮은 유체라도 그러한 세공 크기에서는 유량에 있어서 상당한 제한을 받을 수 있기 때문이다.
- [0287] [0290] 축 부분(480)은 10 미크론 내지 300 미크론 범위의 직경을 갖는 원형 단면을 가질 수 있다. 팁 부분(440)은 10 미크론 내지 250 미크론 범위의 길이 및 10 미크론 이하, 바람직하게는 5 미크론 이하의 팁 또는 팁에지 반경을 가질 수 있다. 바늘은 비원형 형상을 가질 수 있으며, 이 경우 최대 또는 최소 단면 치수는 원형 단면 바늘의 직경에 대해 앞에서 설명된 제약 사항들 내에 있는 것으로 이해될 수 있다. 다양한 실시예들에서, 바늘은 약물 또는 백신의 전달에서 미세 바늘의 용례에 특히 유용할 수 있다.
- [0288] [0291] 도 72를 참조하면, 팁 부분(440), 허브 부분(460) 및 축 부분(480) 각각에는 세공들(430)이 형성되어 있는 것으로 나타나 있다. 한 실시예에서, 바늘에는 전체 바늘을 통과하는 루멘이 형성되지 않는다. 루멘이 없으면, 바늘은 기계적으로 더 강할 수 있다. 따라서, 바늘은 증가된 종횡비(길이 대 직경)를 갖더라도 충분히 강할 수 있다. 유리하게는, 바늘이 더 예리하고 가늘어질 수 있어 피부 깊숙이 들어갈 수 있고 더 다양한 의료 기술들에 적합할 수 있다.
- [0289] [0292] 팁 부분(440), 허브 부분(460) 및 축 부분(480)에 있는 세공들(430) 중의 적어도 일부는 연통하는 것으로 나타나 있다. 다소 다르게 말하면, 하나 이상의 통로들(401)이 세공들(430) 사이에 형성될 수 있으며, 그래서 물질(나타나 있지 않음)이 팁 부분(440)과 허브 부분(460) 사이에서 통로들(401)을 통해 전달될 수 있다. 축 부분(480)에 있는 세공들(430)은 통로(401)의 일부분으로서 세공들(430A)을 포함하는 것으로 나타나 있다.
- [0290] [0293] 일부 실시예들에서, 축 부분(480)의 외측면으로부터 물질을 격리시키는 것이 바람직할 수 있다. 따라서, 축 부분(480)에 있는 세공들(430)은, 축 부분(480)의 외측면에 개방되지 않는 하나 이상의 세공들(430B)을 포함할 수 있다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 축 부분(480)에 있는 세공들(430)은, 축 부분(480)의 외측면에 개방되지만 통로들(401) 중의 어떤 것과도 연통하지 않는 하나 이상의 세공들(430C)을 포함할 수 있다.
- [0291] [0294] 축 부분(480)에는 단지 예시적인 목적으로 세공들(430)이 형성되어 있는 것으로 나타나 있지만, 축 부분(480)에는, 제한 없이, 물질을 수용하기 위한 임의의 다른 구조가 형성될 수 있다. 한 실시예에서, 축 부분(480)에는 통로들(401)을 형성하기 위해 세공들(430)이 형성될 수 있고, 그 세공들(430)은 팁 부분(440) 및/또는 허브 부분(460)에 있다. 다른 실시예에서, 축 부분(480)에는 하나 이상의 루멘들이 형성될 수 있다.
- [0292] [0295] 도 73을 참조하면, 축 부분(480)과 허브 부분(460)에는, 팁 부분(440)에 있는 세공들(430) 중의 적어도 일부와 연통하는 루멘(470)이 형성되어 있는 것으로 나타나 있다. 그 루멘(470)은 축 부분(480)과 허브 부분(460)을 통과하여, 세공들(430)로부터 허브 부분(460)까지 이르는 완전한 유동 경로를 형성한다. 따라서, 팁 부분(440)에는 이를 통과하는 루멘이 형성되지 않는다. 루멘이 없으면, 팁 부분(440)은 기계적으로 더 강할 수 있다. 따라서, 팁 부분(440)은 증가된 종횡비(길이 대 직경)를 갖더라도 충분히 강할 수 있다. 유리하게는, 팁 부분(440)은 더 예리하고 더 가늘어질 수 있으며, 그래서 피부 깊숙이 들어갈 수 있고 더 다양한 의료 기술에 적합할 수 있다. 바늘의 단면은 일반적으로 팁 부분(440)에서 가장 작기 때문에, 팁 부분(440)의 적어도 일부분에서 루멘의 필요성을 제거하면, 축 부분(480)과 허브 부분(460)에 여전히 루멘(470)이 형성되더라도 상당한 개선이 제공될 수 있다.
- [0293] [0296] 축 부분(480)과 허브 부분(460) 둘 모두에 단지 예시적인 목적으로 루멘(470)이 형성되어 있는 것으로 나타나 있지만, 그 루멘(470)은, 제한 없이, 축 부분(480)의 적어도 일부분, 허브 부분(460)의 적어도 일부분 그리고/또는 팁 부분(440)의 일부분 내에 형성될 수 있다. 축 부분(480) 및 허브 부분(460) 둘 모두에 단지 예시적인 목적으로 하나의 루멘(470)이 형성되어 있는 것으로 나타나 있지만, 제한 없이 하나 이상의 균일한 그리고/또는 상이한 루멘들(470)이 바늘에 형성될 수 있다.
- [0294] [0297] 도 73에 나타나 있는 바와 같은 바늘은 어떤 적절한 방법으로도 만들어질 수 있다. 다양한 실시예들에서, 세공들(430)은 디지털 방식으로 도입될 수 있다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 세공들(430)은 부품(400)의 소결 주기를 조절하여(불완전한 소결을 통해) 형성될 수 있다. 세공들(430) 중의 적어도 일부는 예를

들어 도금을 포함하는 임의의 적절한 방법을 통해 충전될 수 있다. 예를 들어, 루멘(470)을 둘러싸는 벽은 도금을 통해 중실로 또는 비다공성으로 만들어질 수 있다.

[0295] [0298] 도 74를 참조하면, 다른 예시적인 부품(400)이 나타나 있다. 이 부품(400)은 혈액을 둘러싸는 혈관(450)에 들어가는 바늘인 것으로 나타나 있다. 혈액은 액체 성분(454)에 현탁되는 하나 이상의 고형 성분들(452)을 포함한다. 다양한 실시예들에서, 고형 성분들(452)은 혈구 및/또는 혈소판을 포함할 수 있다. 액체 성분(454)은 혈장을 포함할 수 있다. 팁 부분(440), 허브 부분(460) 및/또는 축 부분(480)에는, 액체 성분(454)만이 허브 부분(460)에서 나가도록 혈액을 여과하기 위한 적절한 구조가 형성될 수 있다. 다양한 의료 진단 목적에서, 액체 성분(454)만이 샘플링될 필요가 있고, 액체 성분(454)은 고형 성분(452)보다 더 긴 저장 수명을 갖는다. 유리하게, 개시된 바늘은 단순화된 방식으로 액체 성분(454)을 샘플링할 수 있고, 혈액 샘플의 저장 수명을 연장하고, 따라서 의료 실험실 작업들을 용이하게 할 수 있다.

[0296] [0299] 다양한 실시예들에서, 축 부분(480)은 10 미크론 내지 300 미크론 범위의 직경을 갖는 원형 형상의 단면을 가질 수 있다. 300 미크론 미만의 직경으로, 축 부분(480)은 표준 게이지 바늘보다 작을 수 있으며 통증이 없게 되는 크기에 접근한다. 10 미크론 미만의 직경은 중실 바늘로서도 특히 유용하지 않은데, 왜냐하면, 직경이 10 미크론 미만이면, 바늘을 각질층을 통과할 수 있을 만큼 충분히 길게 만드는 것이 더 어려워지기 때문이다.

[0297] [0300] 팁 부분(440)은 10 미크론 내지 250 미크론 범위의 길이 및 10 미크론 이하의 팁 반경을 가질 수 있다. 바늘은 비원형 단면 형상을 가질 수 있으며, 이 경우 최대 또는 최소 단면 치수는 10 미크론 내지 300 미크론의 범위일 수 있다.

[0298] [0301] 도 75를 참조하면, 팁 부분(440)에, 혈관(450)의 혈액에 개방되어 있는 복수의 세공들(430)이 형성되어 있는 것으로 나타나 있다. 각 세공(430)은 혈구의 크기 보다 작은 크기를 가질 수 있으며, 그래서 혈구는 세공들(430)에 들어가지 못한다. 따라서 세공들(430)은 필터로서 기능할 수 있다. 세공들(430)은, 제한 없이, 임의의 적절한 통로들, 세공들, 루멘 등을 통해 허브 부분(460)에 있는 적절한 출구와 연통할 수 있다. 다양한 실시예들에서, 세공들(430)은 필터로서 기능하기 위해 5 미크론 이하의 직경을 가질 수 있다.

[0299] [0302] 팁 부분(440)에 있는 세공들(430)이 단지 예시적인 목적으로 혈액을 여과하는 것으로 나타나 있지만, 바늘의 임의의 부분(예컨대, 축 부분(480) 및/또는 허브 부분(460))이, 제한 없이, 혈액을 여과하도록 구성될 수 있다. 개시된 바늘은, 제한 없이, 신체로부터 임의의 다른 적합한 물질을 여과할 수 있다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 개시된 바늘은 주사기로부터 신체 안으로 주입된 물질을 여과할 수 있다. 그 경우, 물질은 허브 부분(460)으로부터 팁 부분(440)으로 흐를 수 있다. 따라서, 큰 또는 고형 내용물이 제거될 수 있고 더 작거나 액체인 내용물은 신체에 들어갈 수 있다.

[0300] [0303] 도 76을 참조하면, 팁 부분(440)에 세공들(430)이 형성되어 있는 것으로 나타나 있다. 세공들(430) 중의 하나 이상은 측방향(490)으로 배향될 수 있다. 측방향(490)은 삽입 방향(492)에 수직인 임의의 방향을 포함할 수 있다. 삽입 방향(492)은 작업 중에 바늘을 신체 안으로 삽입하는 방향일 수 있다. 삽입 방향(492)은 축 부분(480)에 평행한 것으로 나타나 있다. 종래의 바늘은, 바늘의 삽입 경로와 적어도 부분적으로 정렬되는 방향으로 개방되어 있는 구멍을 갖는다. 따라서 세포 조직 및/또는 유륜(areolar) 조직이 그 구멍을 막을 수 있으며 그래서 유체가 바늘을 통과할 수 없다. 유리하게는, 도 76에 나타나 있는 바늘에는, 삽입 경로에서 개방되어 있지 않은 세공들(430)이 형성될 수 있으며 그래서 막힘이 방지될 수 있다. 일부 실시예들에서, 세공들(430)은 팁 부분(440)에 있는 통로(들)(401)를 통해 그 팁 부분(440)의 중심 루멘(나타나 있지 않음)과 연통할 수 있다. 일부 실시예들에서, 통로(들)(401)는 세공들(430)의 형성 없이 개구(들)를 형성하기 위해 팁 부분(440)의 표면까지 연장될 수 있다.

[0301] [0304] 다양한 실시예들에서, 세공들(430)은 50 미크론 이하의 직경을 가질 수 있다. 한 실시예에서, 세공들(430)은 필터로서 기능하기 위해 5 미크론 이하의 직경을 가질 수 있다. 바늘은 3 mm 보다 짧을 수 있다. 축 부분(480)은 10 미크론 내지 300 미크론의 직경 및 100 미크론 보다 작은 내부 구멍 또는 루멘(중심 통로가 축 부분(480)의 축선을 따라 있음)을 갖는 원형의 단면을 가질 수 있다. 100 미크론 미만의 내부 구멍은, 여전히 통증이 없는 상태에서 유체를 쉽게 전달할 수 있는 전체 바늘 크기를 허용할 수 있다. 팁 부분(440)은 10 미크론 내지 250 미크론 범위의 길이 및 10 미크론 이하의 팁 반경을 가질 수 있다. 바늘은 비원형 형상을 가질 수 있는데, 이 경우 최대 또는 최소 단면 치수는 원형 단면 바늘의 직경에 대해 앞에서 설명된 제약 사항 내에 있는 것으로 이해될 수 있다.

- [0302] [0305] 팁 부분(440)에 있는 세공들(430)은, 축 부분(480)에 있는 임의의 통로 및/또는 루멘 안으로 연장될 수 있는 통로(401)의 일부분으로서 세공들(430A)을 포함하는 것으로 나타나 있다. 따라서, 팁 부분(440)에 있는 세공들(430)은, 팁 부분(440)의 외측면에 개방되지 않는 하나 이상의 세공들(430D)을 포함할 수 있다. 다양한 실시예들에서, 축 부분(480) 및/또는 허브 부분(460)은 도 71-75에서 설명된 바와 같은 적절한 구조들을 가질 수 있다.
- [0303] [0306] 3 개의 측방향들(490)이 단지 예시적인 목적으로 나타나 있지만, 측방향(490)은, 제한 없이, 삽입 방향(492)에 수직인 평면 내에 있는 임의의 방향을 포함할 수 있다.
- [0304] [0307] 도 71-76은 단지 예시적인 목적으로 허브 부분(460) 및 축 부분(480)을 나타내지만, 허브 부분(460) 및/또는 축 부분(480)은 선택적일 수 있다. 예를 들어, 바늘은 피부 아래로 더 깊숙이 도달하기 위한 피하 바늘을 포함할 수 있고 허브 부분(460) 및/또는 축 부분(480)을 필요로 할 수 있다. 다른 예에서, 바늘은 팁 부분(440)만을 갖는 미세 바늘을 포함할 수 있다. 다른 예에서, 미세 바늘은 축 부분과 팁 부분과 같은 부분들 사이에서, 그들 사이에 명확한 윤곽이 없이, 무이음매식으로 테이퍼져 있을 수 있다.
- [0305] [0308] 도 77을 참조하면, 대상물(800)은 미세 바늘 어레이를 포함하는 것으로 나타나 있다. 미세 바늘 어레이는 기부관(462), 및 팁 부분(440)이 기부관(462)으로부터 원위 방향으로 향하게 기부관(462)에 결합되는 복수의 바늘들을 포함하는 것으로 나타나 있다. 기부관(462)에는, 바늘들에 있는 세공들 및/또는 루멘과 연통할 수 있는 저장부(나타나 있지 않음)가 형성될 수 있다. 그 저장부는 신체로부터 바늘들에 의해 추출된 유체 및/또는 바늘에 공급되는 유체를 수용하기 위해 사용될 수 있다. 바늘들은 도 71-76에서 설명된 바와 같은 부품들 중의 어떤 것이라도 될 수 있다.
- [0306] [0309] 도 71-77에 나타나 있는 부품들(400)은 방법(700)(도 31, 33, 34, 40 및 43에 나타나 있음) 및/또는 시스템(101)(도 30에 나타나 있음)을 사용하여 만들어질 수 있다. 방법(700) 또는 시스템(101)이 없으면, 부품들(400)은 종래의 방법 또는 시스템으로 만들기가 비실용적이거나 불가능하다. 부품(400) 중 어떤 것이든 특정한 종래의 방법이나 시스템으로 만들어질 수 있더라도, 부품(400)의 비용과 제조 시간이 너무 높아서 대량으로 제조될 수 없다. 본 방법(700) 및/또는 시스템(101)은 유리하게도 부품(400)을 저비용 및 고효율로 대량으로 제조하는 것을 가능하게 할 수 있다.
- [0307] [0310] 도 78을 참조하면, SFF를 위한 제어 시스템(900)이 나타나 있다. 이 제어 시스템(900)은 시스템(101)(도 30에 나타나 있음)을 제어하도록 구성될 수 있다. 제어 시스템(900)은 프로세서(910)를 포함할 수 있다. 이 프로세서(910)는 하나 이상의 마이크로프로세서들(예를 들어, 단일 또는 다중 코어 프로세서), 어플리케이션 특정한 집적 회로, 어플리케이션 특정한 명령 세트 프로세서, 그래픽 처리 유닛, 물리 처리 유닛, 디지털 신호 처리 유닛, 코프로세서(coprocessor), 네트워크 처리 유닛, 암호화 처리 유닛 등을 포함할 수 있다.
- [0308] [0311] 프로세서(910)는 제어 시스템(900) 및/또는 대상물(800)(도 30에 나타나 있음)의 컴퓨터화된 모델을 구현하기 위한 명령들을 실행할 수 있다. 비제한적인 예에서, 명령은 하나 이상의 SFF 소프트웨어 프로그램을 포함한다. 예시적인 SFF 소프트웨어 프로그램은 시스템(101)을 제어하기 위한 G-코드를 포함할 수 있다. 프로그램은 부가 인쇄를 실행하기 위한 다수의 인쇄 옵션, 설정 및 기술로 시스템(101)을 제어하도록 작동할 수 있다.
- [0309] [0312] 프로그램은 대상물(800)의 3D 컴퓨터 모델을 생성하기 위한 CAD 및/또는 CAM 프로그램을 포함할 수 있다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 3D 컴퓨터 모델은 다른 종래의 CAD 및/또는 CAM 프로그램 및/또는 다른 컴퓨터 시스템으로부터 올 수 있다. 3D 컴퓨터 모델은 산업 표준의 중실, 표면 또는 메쉬 파일 형식일 수 있다. 프로그램은 대상물(800)의 3D 컴퓨터 모델을 층들(820)(도 30에 나타나 있음)로 '슬라이싱'하고 각 층(820)을 규정하기 위한 도구 경로를 계산하기 위한 CAM 슬라이싱 소프트웨어를 포함할 수 있다.
- [0310] [0313] 프로그램은 대상물(800)을 인쇄하기 위해 시스템(101)을 제어하기 위한 머신 코드(예를 들어, G-코드를 포함함)를 생성할 수 있다. 예를 들어, 프로그램은 재료를 증착하기 위한 재료 증착 시스템(130)(도 1에 나타나 있음) 및 공기 블레이드들(140, 150)(도 1에 나타나 있음), 카메라(104)(도 1에 나타나 있음)에 의한 모니터링을 통한 경화 공정, 펌프 모터들, 조형대 운동, 증착 모듈 운동, 카메라(104)를 사용한 이미징에 의한 치밀화 공정, 전기화학적 기계 가공 공정, 조형 재료 유닛(500), 선택적 처리 유닛(600) 및/또는 이미징 유닛(640)을 제어할 수 있다.
- [0311] [0314] 도 78에 나타나 있는 바와 같이, 제어 시스템(900)은 필요에 따라 하나 이상의 추가 하드웨어 구성 요소들을 포함할 수 있다. 예시적인 추가 하드웨어 구성요소들은 메모리(920)(대안적으로 여기서 비일시적 컴퓨터 관독 가능 매체라고도 함)를 포함하지만 이에 한정되지 않는다. 예시적인 메모리(920)는, 예를 들어, 랜덤 액세스

세스 메모리(RAM), 정적 RAM, 동적 RAM, 읽기 전용 메모리(ROM), 프로그램 가능한 ROM, 삭제 가능한 프로그램 가능 ROM, 전기적으로 삭제 가능한 프로그램 가능 ROM, 플래시 메모리, 보안 디지털(SD) 카드 등을 포함할 수 있다. 제어 시스템(900) 및/또는 대상물(800)의 컴퓨터화된 모델을 구현하기 위한 명령들은 프로세서(910)에 의해 실행되기 위해 메모리(920)에 저장될 수 있다.

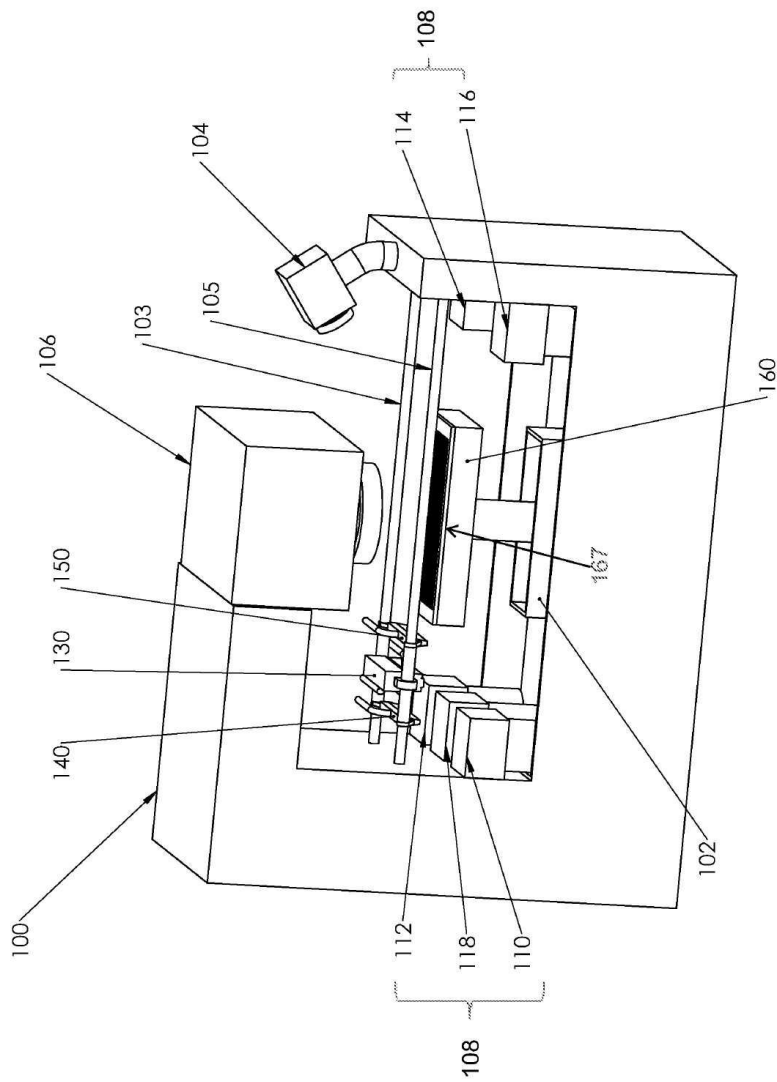
- [0312] [0315] 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 제어 시스템(900)은 통신 모듈(930)을 포함할 수 있다. 이 통신 모듈(930)은, 임의의 유선 및/또는 무선 통신 방법들을 사용하여 제어 시스템(900)과 다른 컴퓨터 시스템(나타나 있지 않음) 사이에서 데이터 및/또는 명령을 교환하도록 작동하는 어떠한 종래의 하드웨어 및 소프트웨어라도 포함할 수 있다. 예를 들어, 제어 시스템(900)은 통신 모듈(930)을 통해 대상물(800)에 대응하는 컴퓨터 설계 데이터를 수신할 수 있다. 예시적인 통신 방법들은, 예를 들어, 라디오, Wi-Fi(Wireless Fidelity), 휴대전화, 위성, 방송 또는 이들의 조합을 포함한다.
- [0313] [0316] 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 제어 시스템(900)은 디스플레이 장치(940)를 포함할 수 있다. 디스플레이 장치(940)는, 제어 시스템(900)을 작동시키기 위한 프로그래밍 명령을 제공하고 대상물(800)의 3D 컴퓨터 모델을 표시하며 그리고/또는 시스템(100) 및/또는 시스템(101)의 구성 요소들에 관련된 데이터를 제공하도록 작동하는 어떠한 장치라도 포함할 수 있다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 제어 시스템(900)은 필요에 따라 하나 이상의 입력/출력 장치들(950)(예를 들어, 버튼, 키보드, 키패드, 트랙볼)을 포함할 수 있다.
- [0314] [0317] 프로세서(910), 메모리(920), 통신 모듈(930), 디스플레이 장치(940) 및/또는 입력/출력 장치(950)는, 예를 들어, 하드웨어 커넥터들 및 버스들을 사용하여 그리고/또는 무선 방식으로 통신하도록 구성될 수 있다.
- [0315] [0318] 다양한 용례들을 위한 구성 요소(예를 들어, 플라스틱, 금속 및 세라믹 부품)의 제조를 위해 고체 자유형체 제작을 위한 장치 및 관련 방법의 실시예들이 여기에 개시되어 있다.
- [0316] [0319] 일부 실시예들에서, 여기에 개시된 SFF 방법들 및 장치들은 디지털 모델의 3차원 중실 표현의 생성을 위한 재료의 층들을 수용하기 위한 표면, 조형 재료의 요구되는 층들을 증착하기 위한 구성 요소 또는 구성 요소들, 및 조형 재료를 디지털 모델에 포함된 데이터를 나타내는 단면들로 이미징하기 위한 구성 요소 또는 구성 요소들을 포함할 수 있다. 한 실시예에서, 조형 재료는 미립자 재료 및 광경화성 수지 재료로 구성된다. 재료는 조형 공정 전에 혼합될 수 있으며, 인쇄된 부품의 특성들을 최적화하기 위해 조형 공정 중에 혼합물의 밀도가 변경될 수 있다.
- [0317] [0320] 또한, 일부 실시예들에서, 아래에서 설명되는 방법들 및 장치들은 미립자 재료(예컨대, 세라믹, 플라스틱 또는 금속)를 조형 재료들 중의 하나로 이용할 수 있다. 이 장치로 제조된 부품들은, 조형 공정이 완료된 후에, 인접하는 입자들 사이의 결합을 촉진시키기 위해 처리될 수 있다. 이러한 처리는 열적, 화학적 및 압력 처리 및 이들의 조합을 포함하지만 이에 한정되지 않는다. 이 제작 및 처리 공정의 결과들은 중실 금속 부품, 중실 세라믹 부품, 다공성 금속 부품, 다공성 세라믹 부품, 다공성 플라스틱 부품, 중실 복합 재료 플라스틱 부품 및 하나 이상의 재료 종류들을 포함하는 복합 재료 부품을 포함하지만 이에 한정되지 않는다.
- [0318] [0321] 분말과 결합제의 슬러리 혼합물 층의 제조 방법은 펌핑 시스템을 통해 재료를 증착하는 것을 포함할 수 있다. 이 증착 시스템은, 증착 동안에 이전 층들에 주어지는 전단 응력을 감소시키는 특징부를 포함할 수 있다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 증착 시스템은 시스템이 층 평탄도의 편차를 자가 보정하는 능력을 증가시키는 특징부를 포함할 수 있다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 증착된 층의 밀도는 슬러리로부터 결합제 부피의 일부를 제거함으로써 변경될 수 있다. 추가적으로 그리고/또는 대안적으로, 슬러리 재료는 슬러리 재료 및 그로부터 제조된 부품들에 고도의 균질성을 제공하도록 연속적으로 컨디셔닝될 수 있다.
- [0319] [0322] 층 이미징은 디지털 광 처리(DLP; Digital Light Processing) 프로젝터 또는 레이저 이미징 시스템과 같은, 프로그래밍 가능한 광원을 사용하는 벌크 이미징을 포함하지만 이에 한정되지 않는 여러 수단을 통해 달성될 수 있다.
- [0320] [0323] 한 양태에서, 주어진 3차원 대상물을 나타내는 디지털 데이터에 따라 광경화성 수지 재료를 사용하여 대상물을 제조할 수 있도록 고체 자유형상 제작 장치가 제공된다.
- [0321] [0324] 다른 양태에서, 미립자 재료와 광경화성 수지 재료로 구성된 복합 재료 대상물들을 제조할 수 있는 SFF 장치가 제공된다.
- [0322] [0325] 다른 양태에서, 재료 층의 제조를 위해 벌크 증착 기술을 이용하는 SFF 장치가 제공된다.
- [0323] [0326] 다른 양태에서, 복합 재료 층들의 제조를 위해 미립자 재료와 광경화성 수지 재료의 혼합물을 처리하는

SFF 장치가 제공된다.

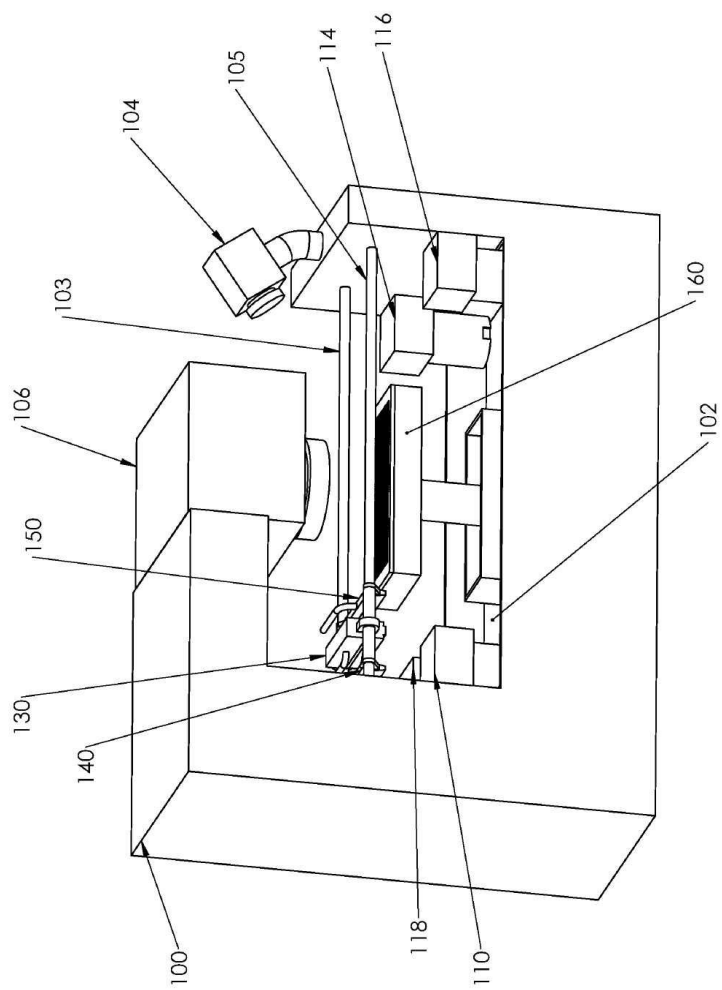
- [0324] [0327] 다른 양태에서, SFF 장치로 제조된 대상물들은 재료 구성 요소들의 내부 접착력을 개선하기 위해 열적으로, 화학적으로 또는 기계적으로 처리될 수 있다.
- [0325] [0328] 다른 양태에서, 인쇄된 부품에서 미립자 로딩 밀도를 증가시키기 위해 조형 공정 동안에 변경되는 혼합 공급 원료가 사용될 수 있다.
- [0326] [0329] 다른 양태에서, 선택적으로 공정을 모니터링하는 카메라로부터 얻은 하나 이상의 밝기 값들을 판독하여, 증착된 혼합 재료의 미립자 로딩 밀도의 증가를 확인하거나 제어하기 위해 피드백 시스템이 사용될 수 있다.
- [0327] [0330] 다른 양태에서, 인쇄된 부품을 소결 또는 마무리하기 위해 사용될 수 있는 도구의 유리한 기하학적 구조를 결정하기 위한 방법이 제공되며, 그 도구는 인쇄된 부품을 제조한 동일한 공정으로 제조될 수 있다.
- [0328] [0331] 전술한 다양한 실시예들은 "광중합체 수지", "감광성 재료", "광경화성 재료", "조사선 민감성 재료", "조사선 경화성 재료" 및/또는 임의의 다른 유사하거나 관련된 용어들을 사용하는 것을 포함한다. 그러한 용어들은 그 실시예들에서 동일한 목적을 수행할 수 있고, 그 실시예들에서 설명한 바와 같은 방식으로 재료의 원하는 부분을 수정할 수 있도록, 조사에 반응하여, 수정될 수 있고, 물리적 상태 변환, 상 변환 및/또는 화학 반응을 겪을 수 있는 물질일 수 있다. 다양한 실시예들에서, 조사는 광선, 파동(예를 들어, 전자기파) 및/또는 입자의 형태로 방출 및/또는 전달되는 에너지의 방사를 포함할 수 있다.
- [0329] [0332] 도면에 나타나 있는 방향들은 중력에 대한 임의의 물리적 방향일 수 있다. 예를 들어, 도 30의 시스템은 활성 작업 표면이 지면의 국소 표면에 평행한 상태로 배향될 수 있거나, 다른 각도, 예를 들어, 지구의 국소 표면으로부터 30도의 경사로 있을 수 있다. "위로", "아래로", "위쪽", "아래쪽", "위" 및 "아래"와 같은 방향 단어의 사용은 지구의 국소 표면에 평행한 활성 작업 표면을 갖는 시스템에 적용되는 것으로 이해되며, 그 시스템이 다른 각도로 있으면, 이 방향들은 그에 따라 수정되어야 한다.
- [0330] [0333] 시스템들의 특정 조합들이 여기서 설명되었지만, 앞에서 언급한 부분 시스템들의 임의의 조합이 유사한 목적으로 구현될 수 있다. 앞에서 언급된 방법들 또는 시스템들 중 임의의 것에 따라 슬러리 증착, 슬러리 치밀화 및 조사를 제공하는 어떠한 시스템도 개시된 주제의 일 실시예인 것으로 이해될 수 있다.
- [0331] [0334] 본 주제는 그 정신 및 본질적인 특징에서 벗어나지 않고 다른 형태들로 실시될 수 있다. 따라서 설명된 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것으로서 제한적이지 않은 것으로 간주되어야 한다. 본 주제가 특정한 바람직한 실시예들의 측면에서 설명되었지만, 당업자에게 명백한 다른 실시예들도 본 주제의 범위 내에 있다.

도면

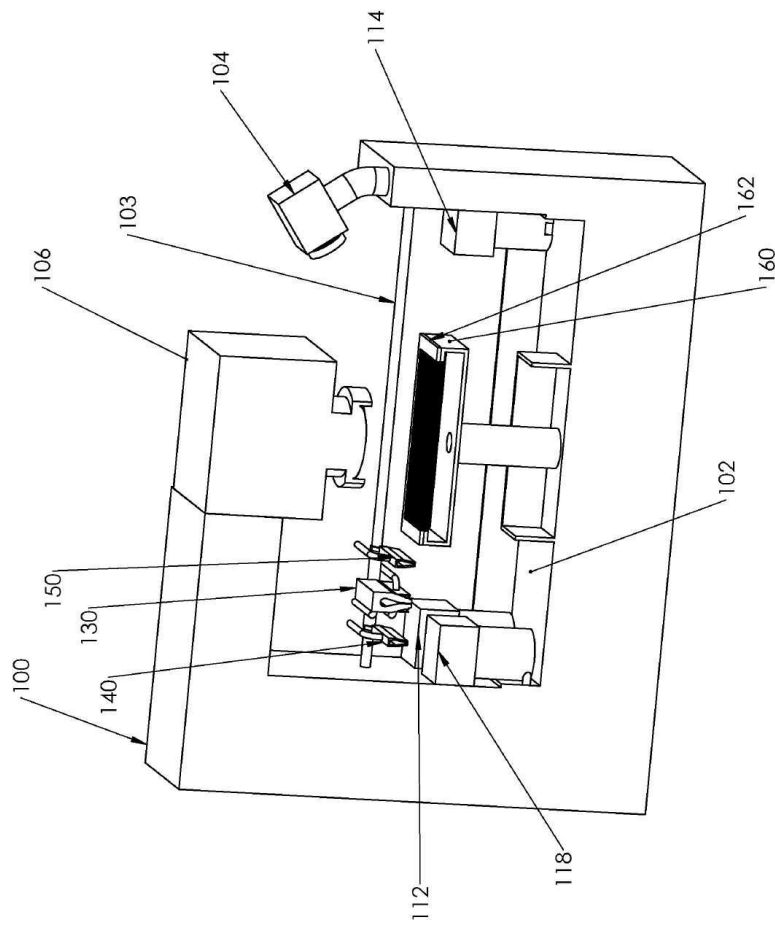
도면1



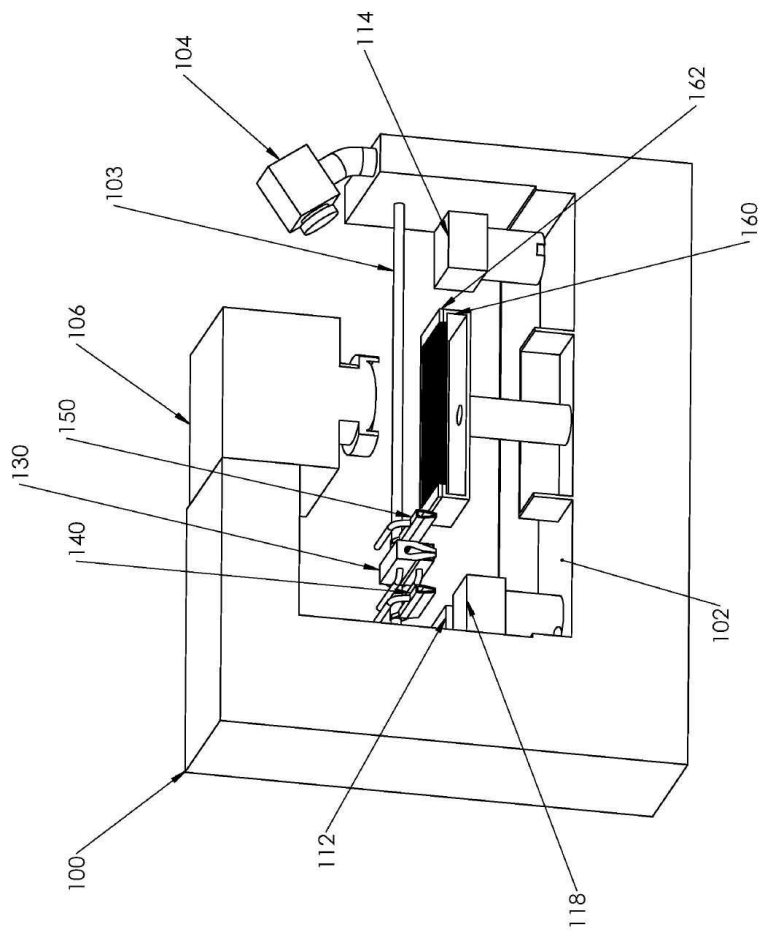
도면2



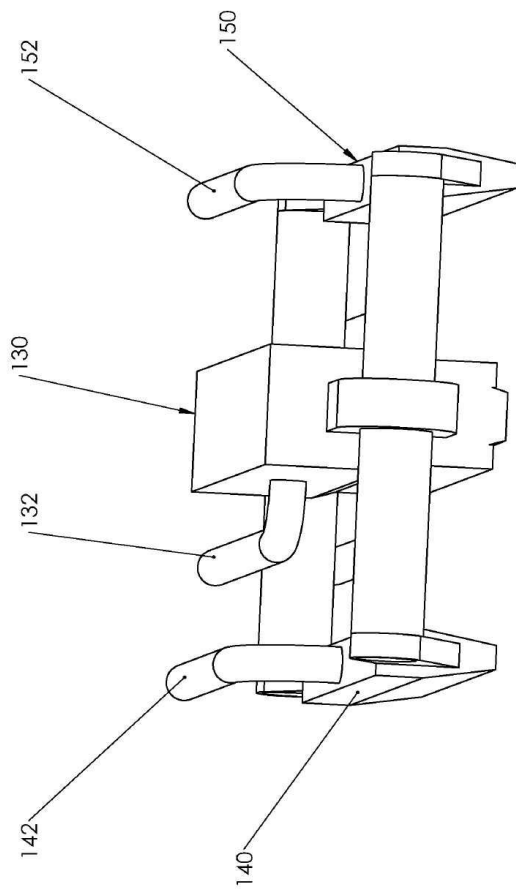
도면3



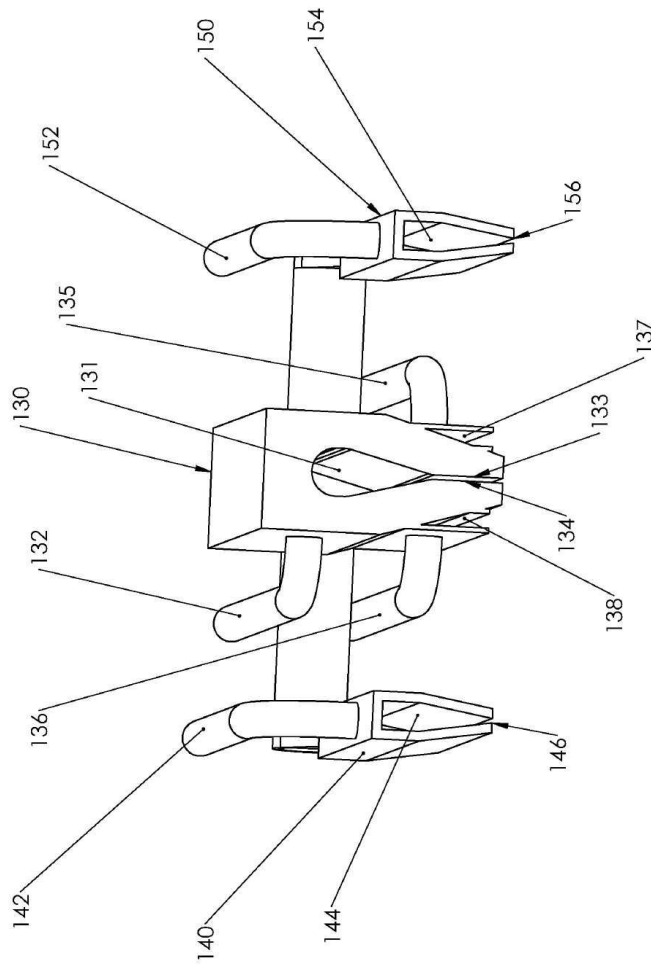
도면4



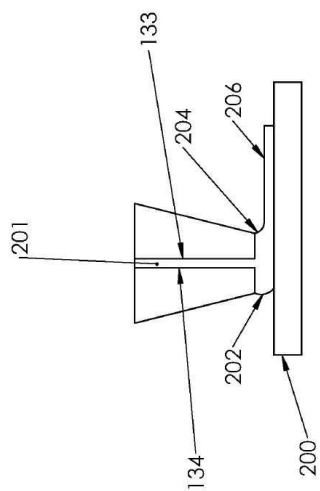
도면5



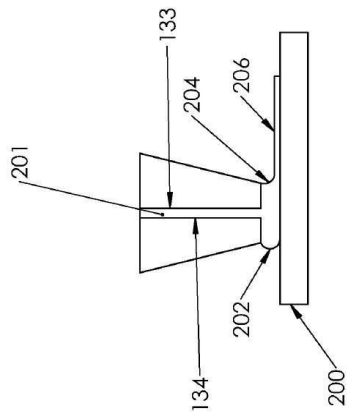
도면6



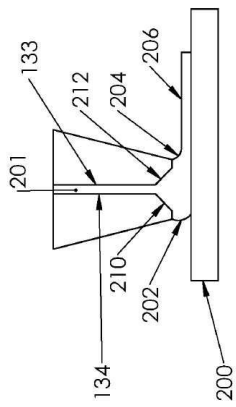
도면7



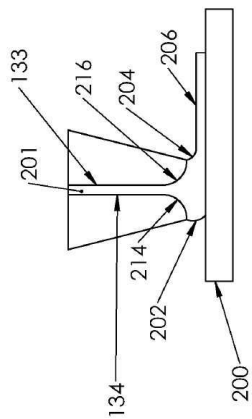
도면8



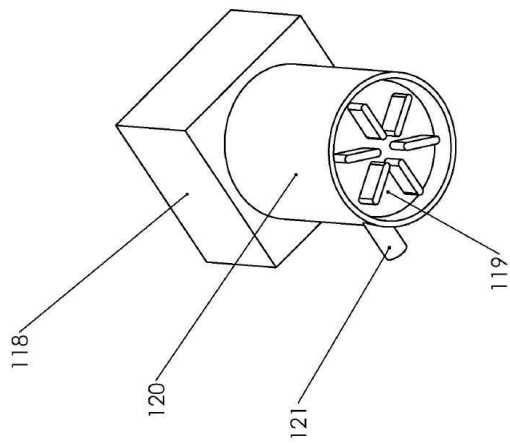
도면9



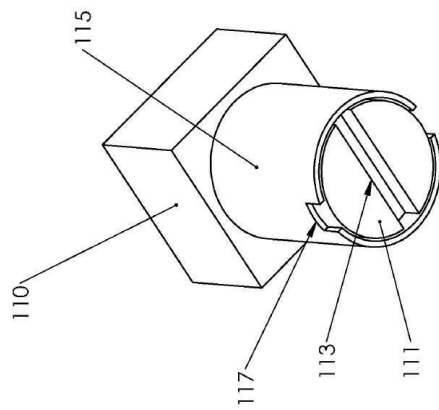
도면10



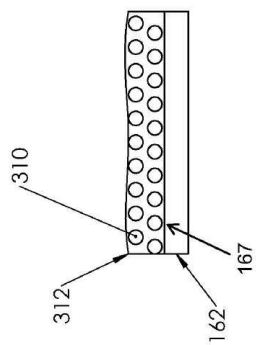
도면11



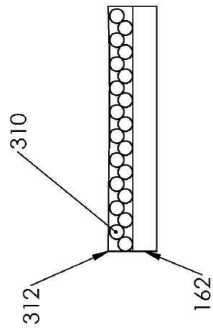
도면12



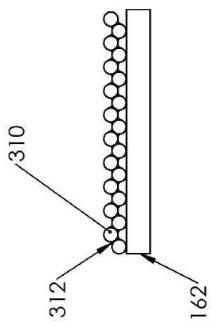
도면13



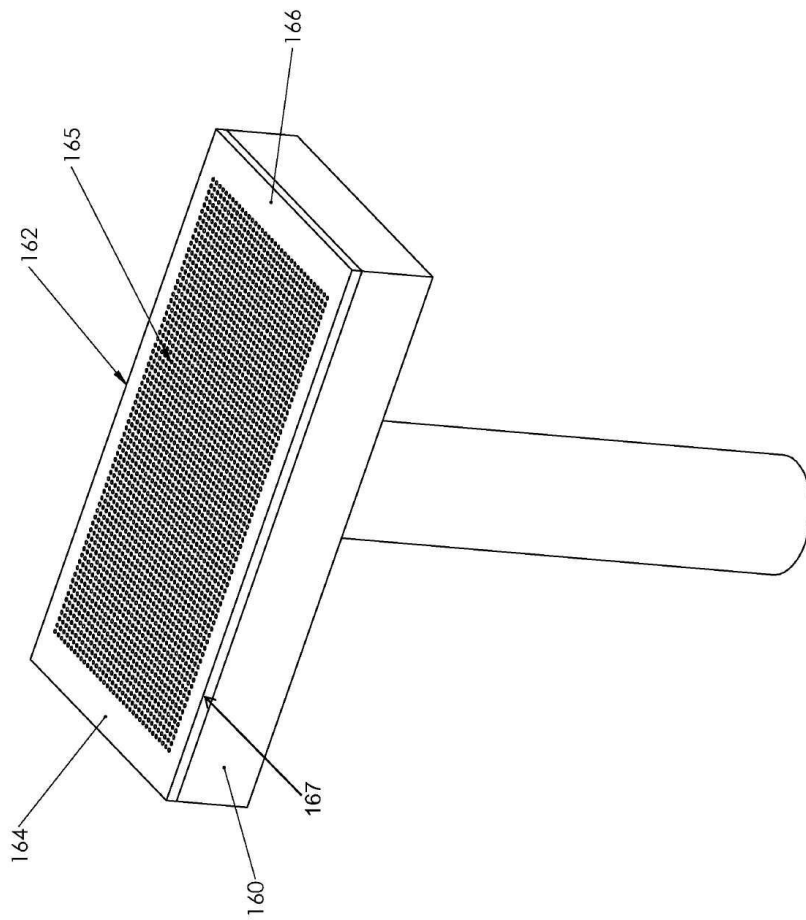
도면14



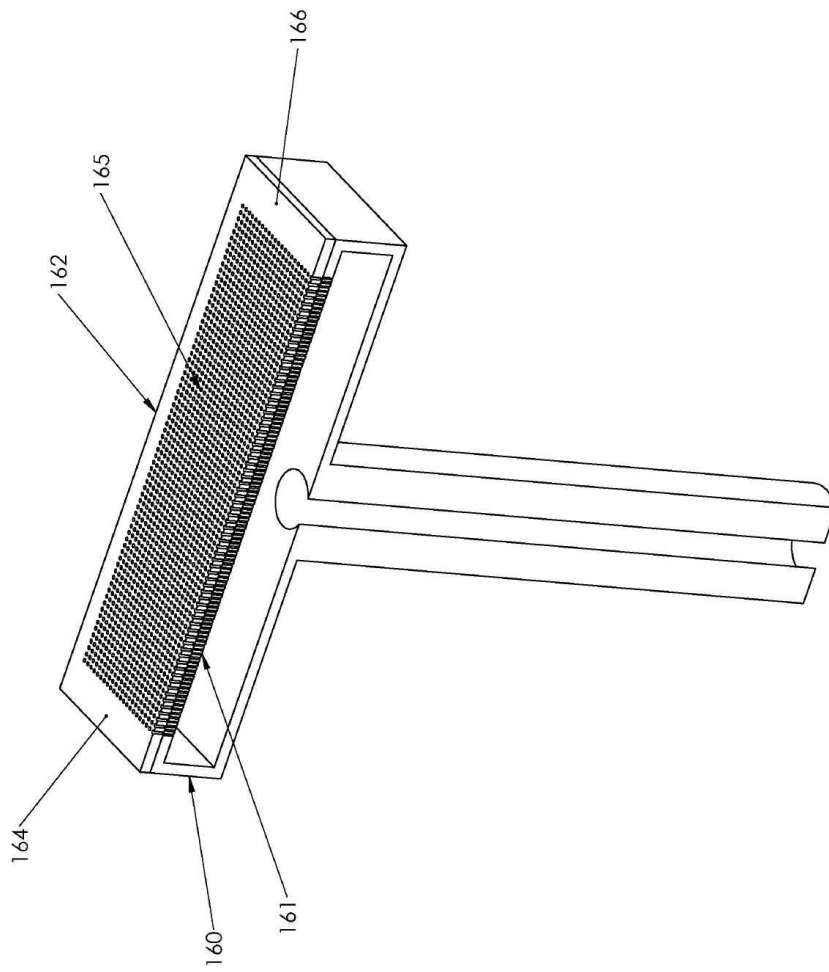
도면15



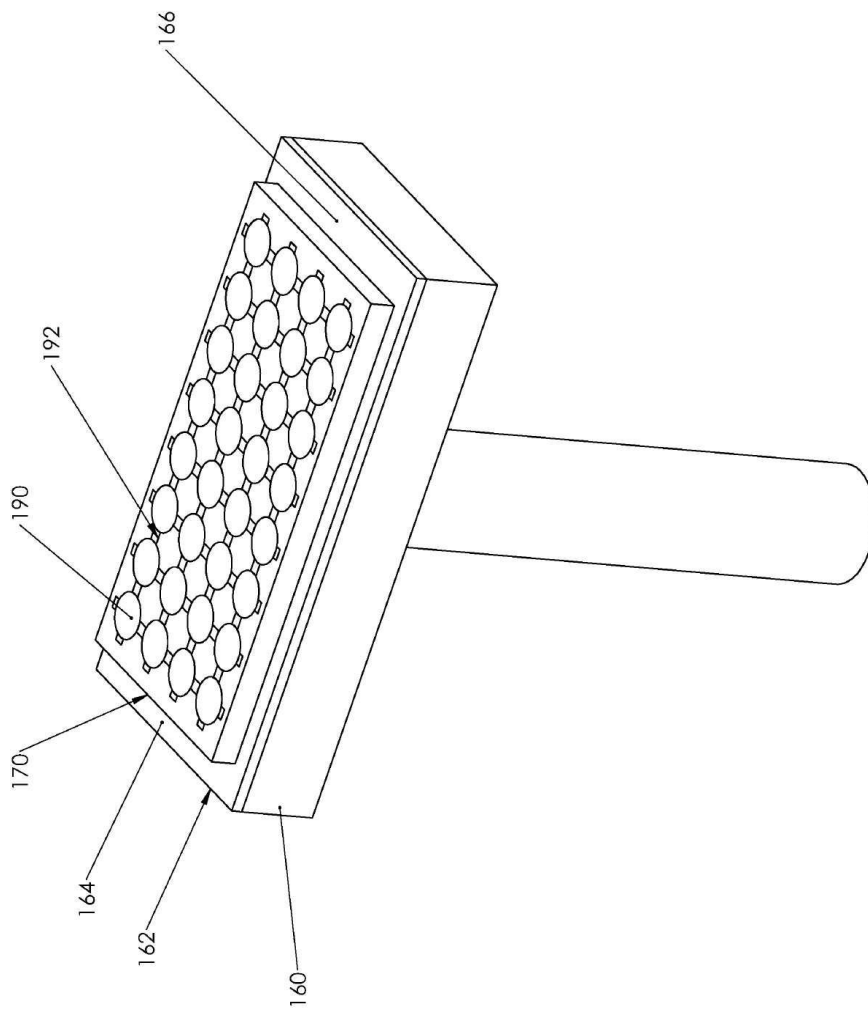
도면16



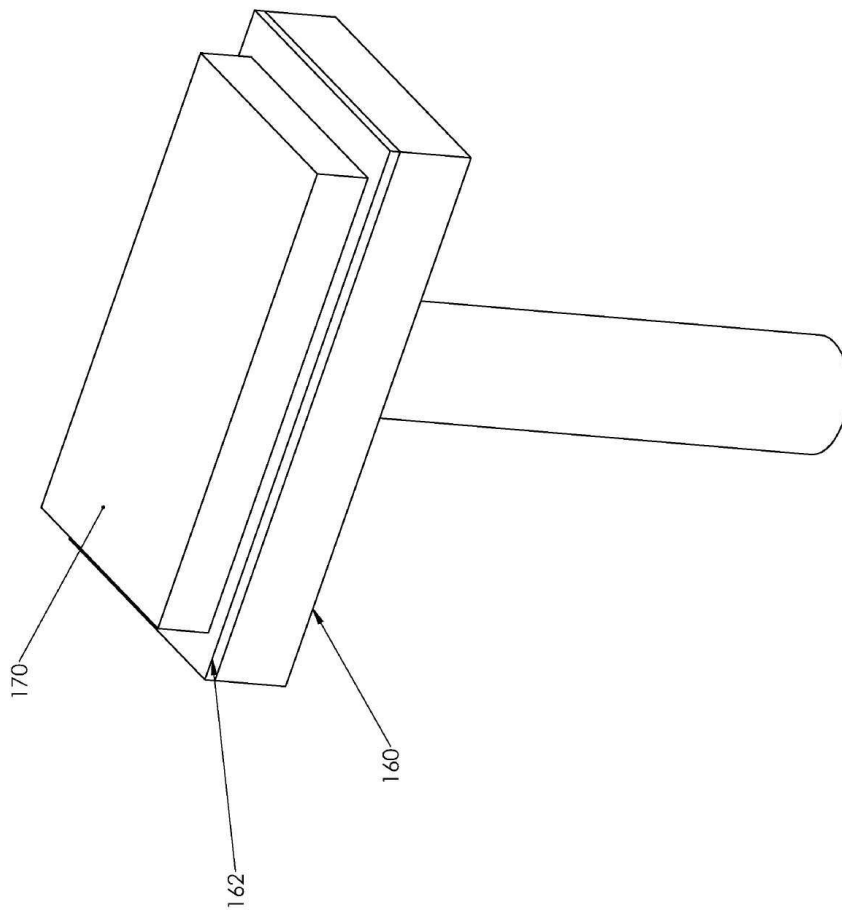
도면17



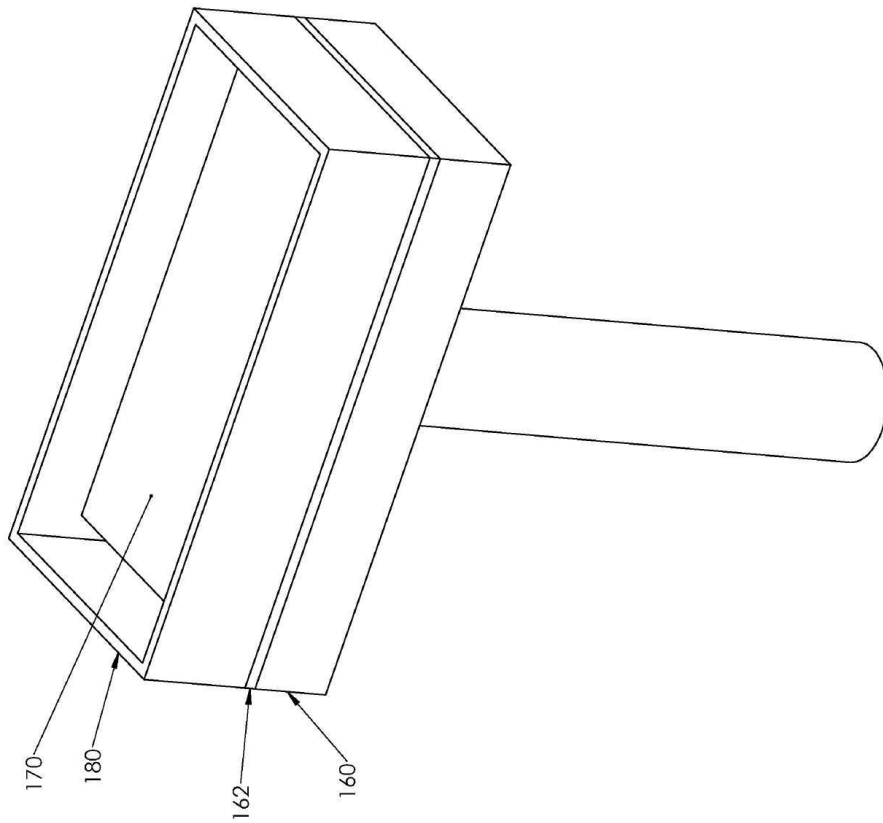
도면18



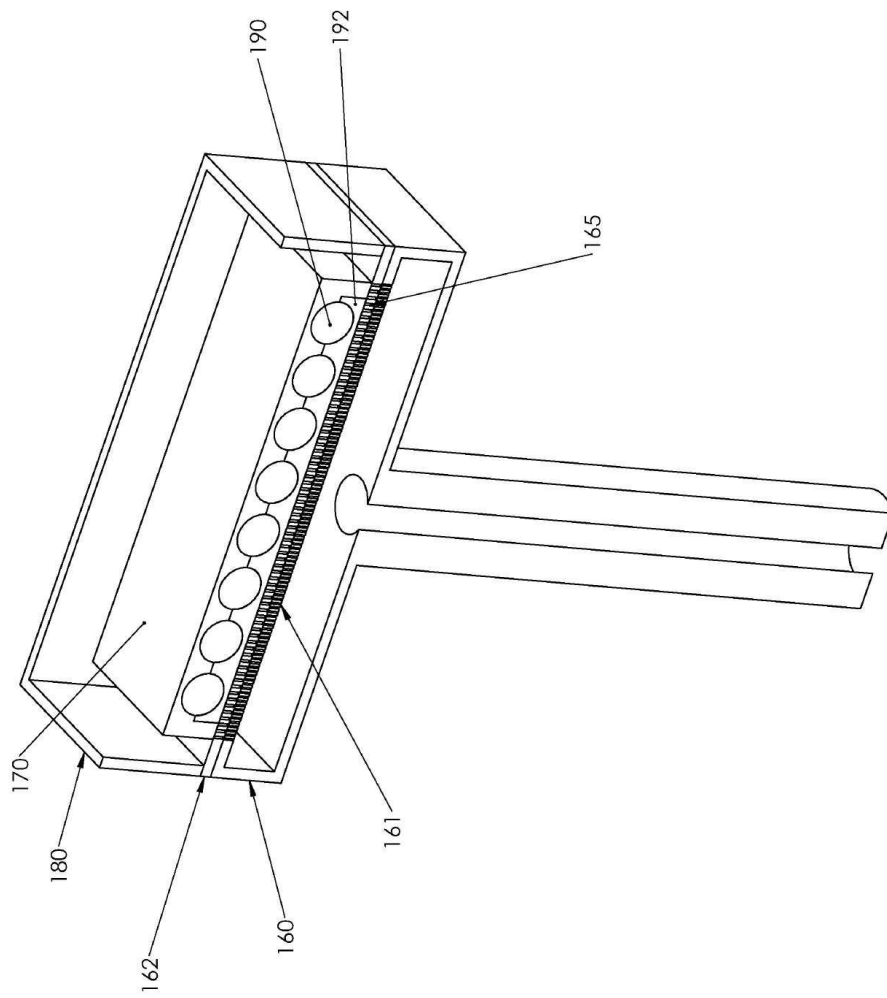
도면19



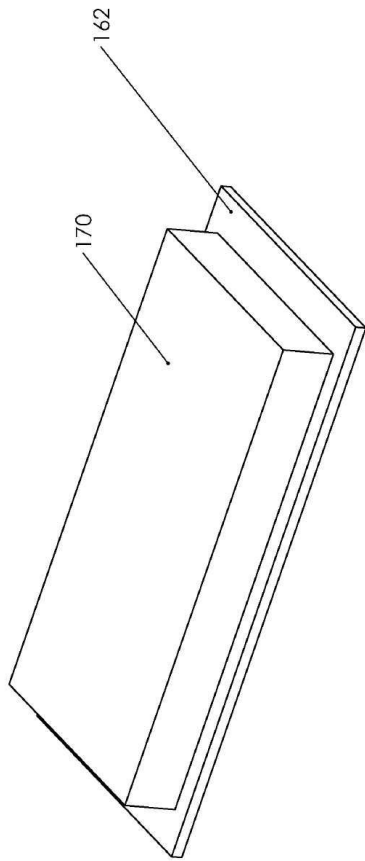
도면20



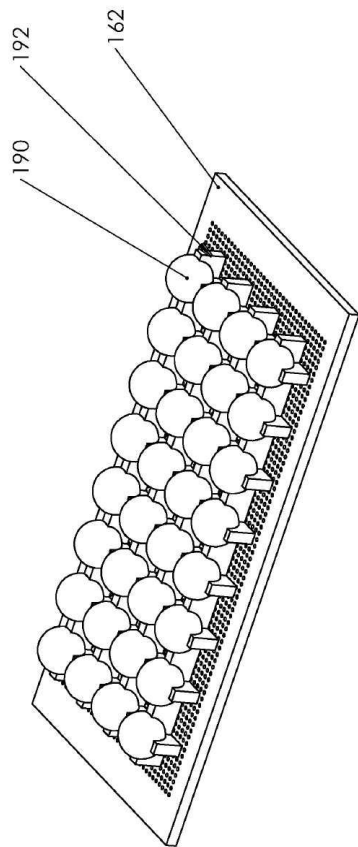
도면21



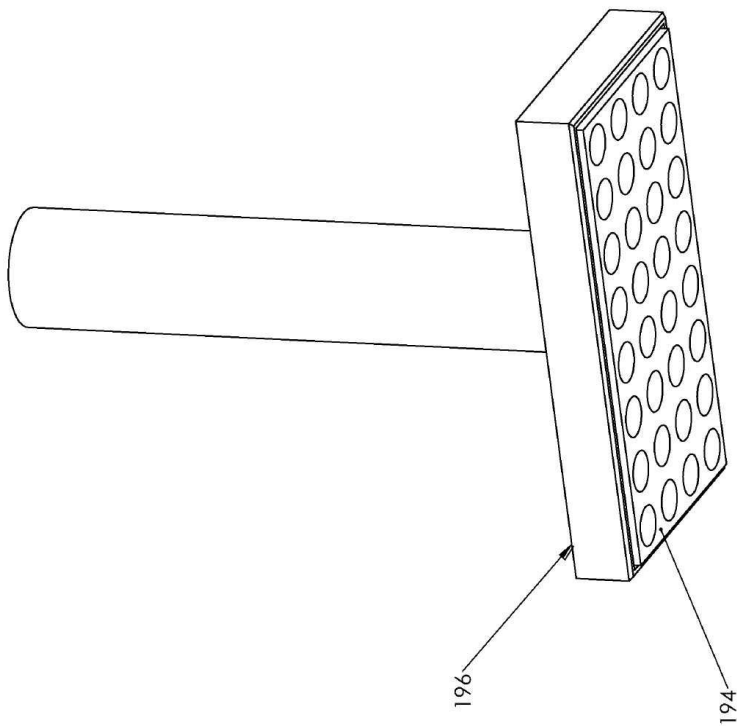
도면22



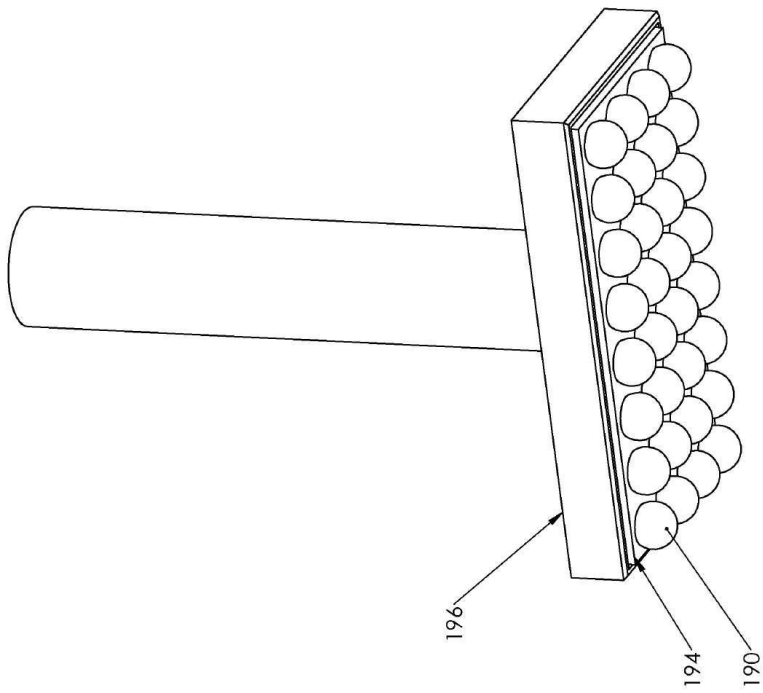
도면23



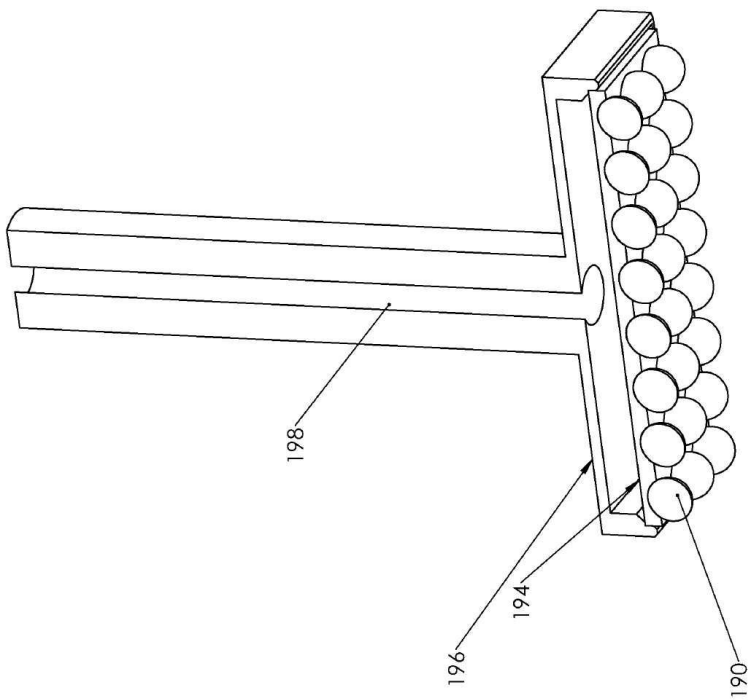
도면24



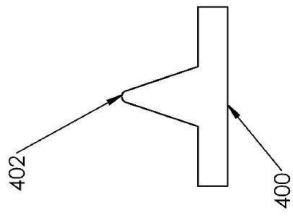
도면25



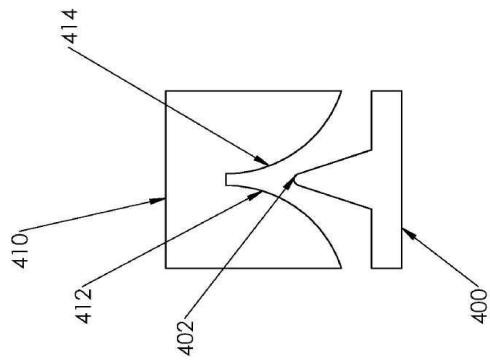
도면26



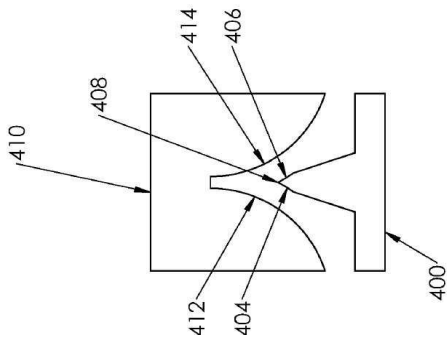
도면27



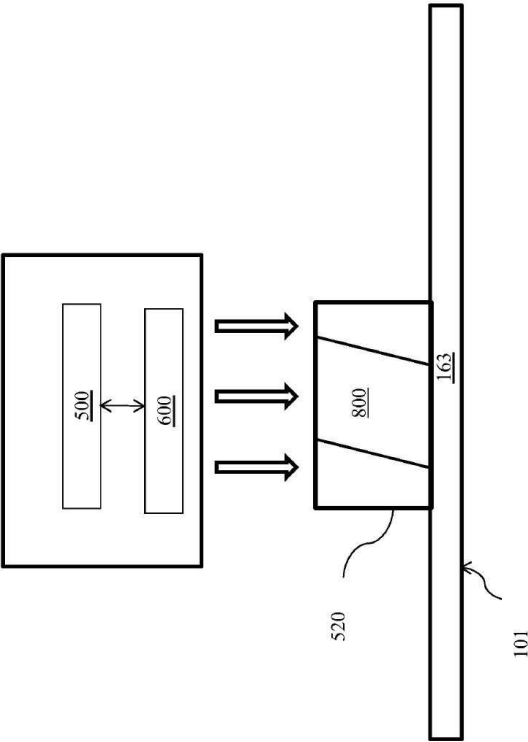
도면28



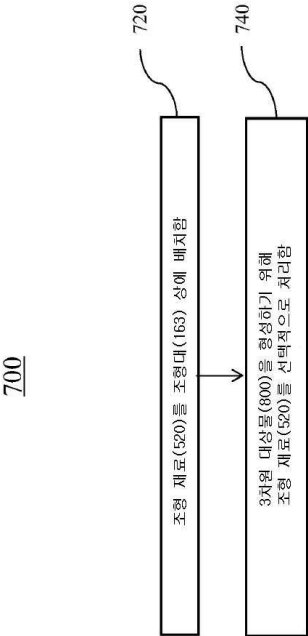
도면29



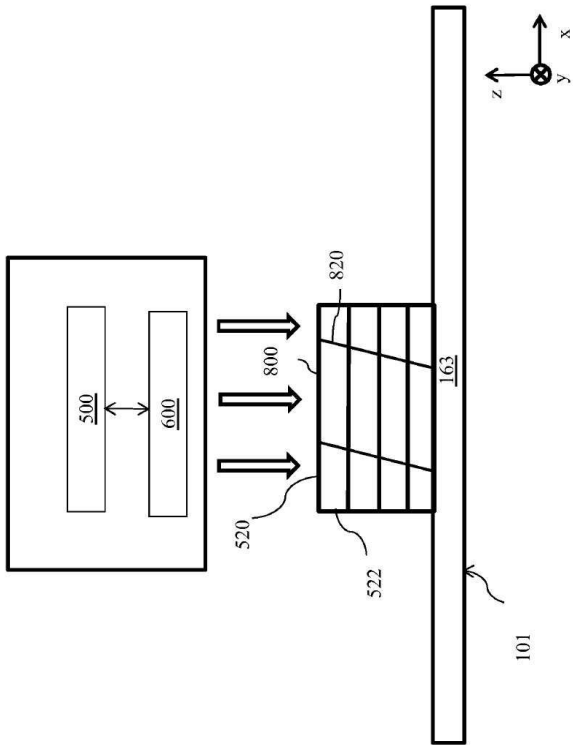
도면30



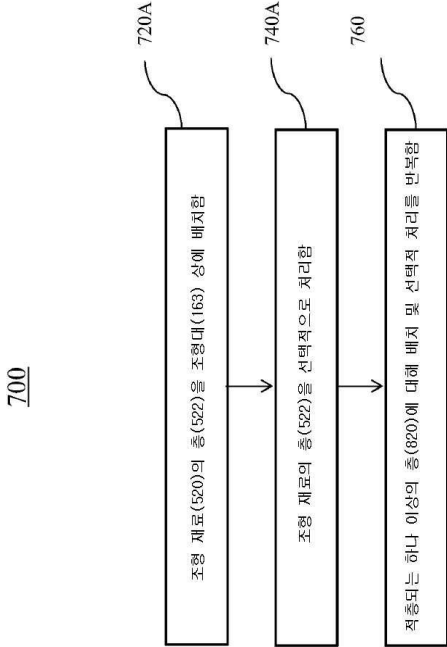
도면31



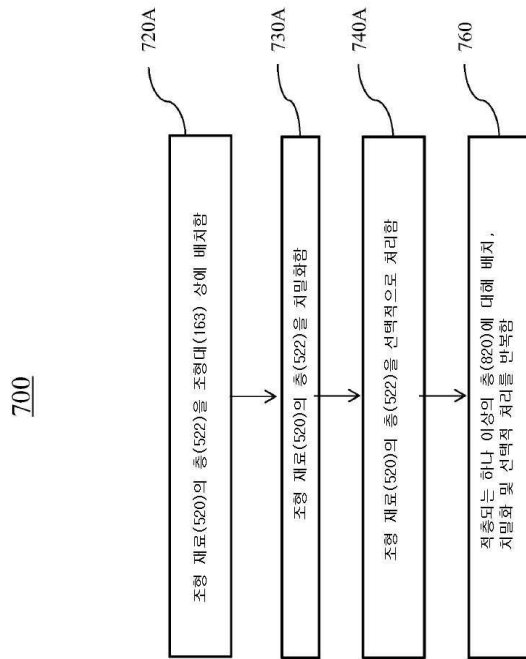
도면32



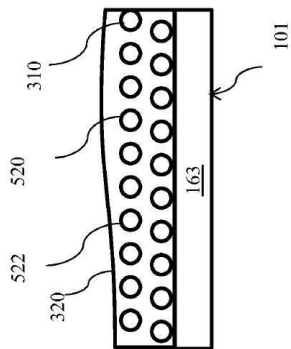
도면33



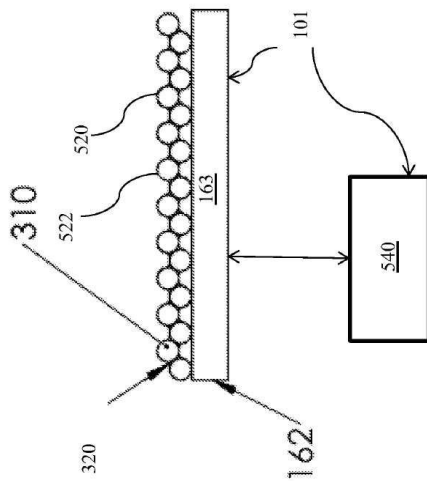
도면34



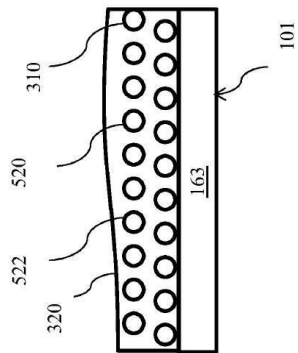
도면35a



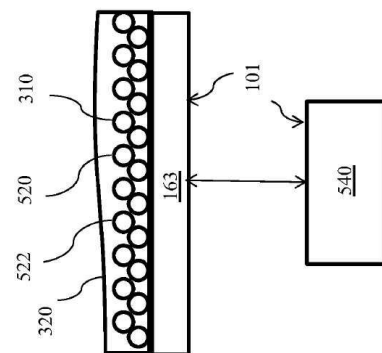
도면35b



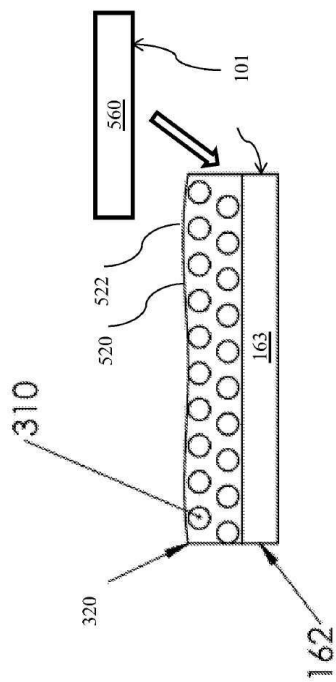
도면36a



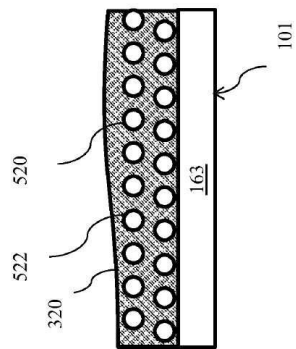
도면36b



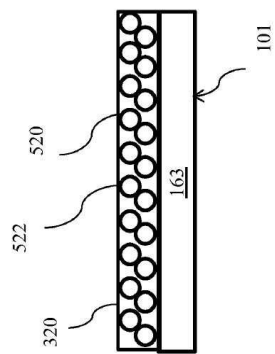
도면37



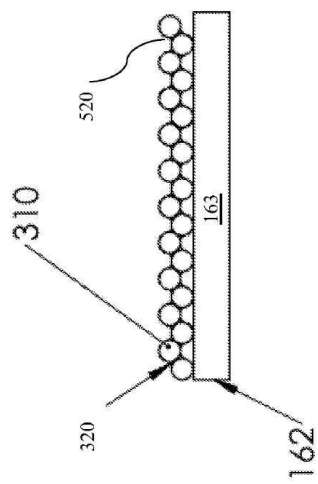
도면38a



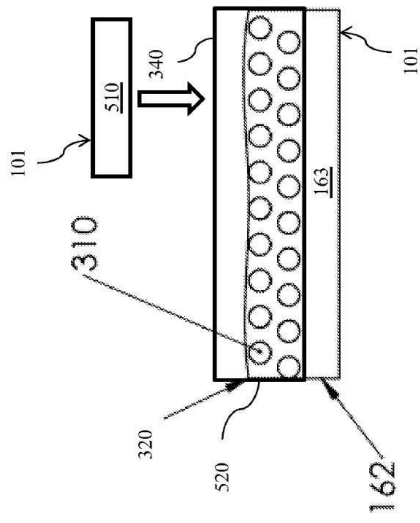
도면38b



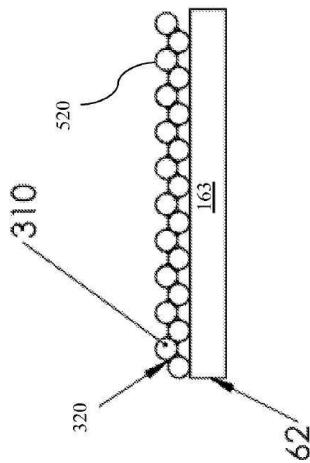
도면38c



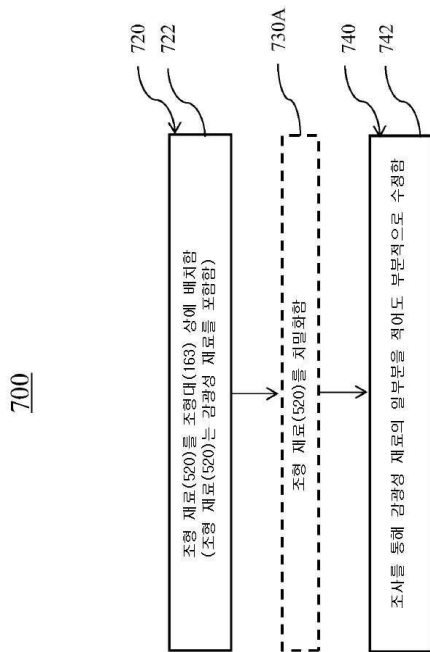
도면39a



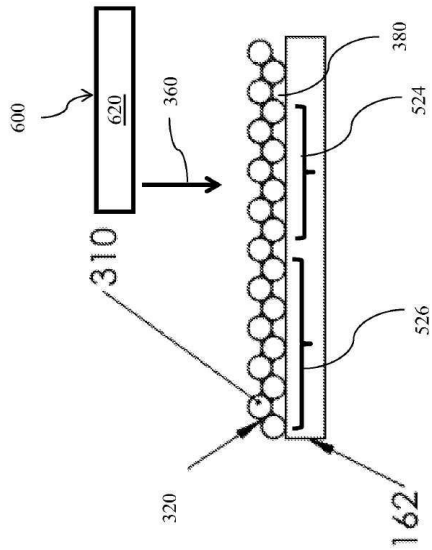
도면39b



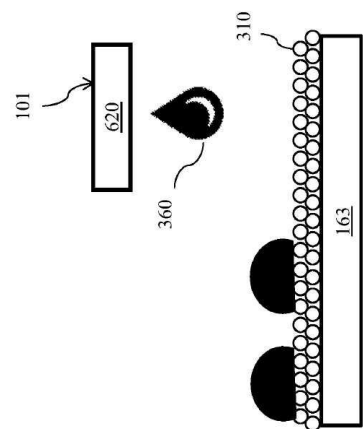
도면40



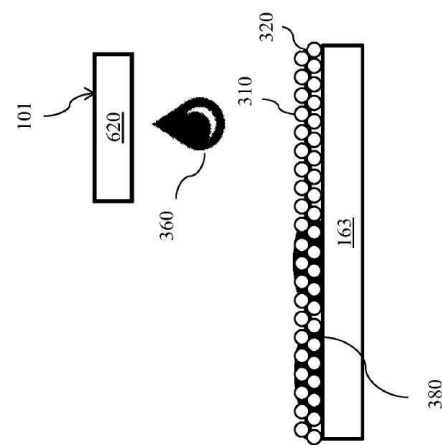
도면41



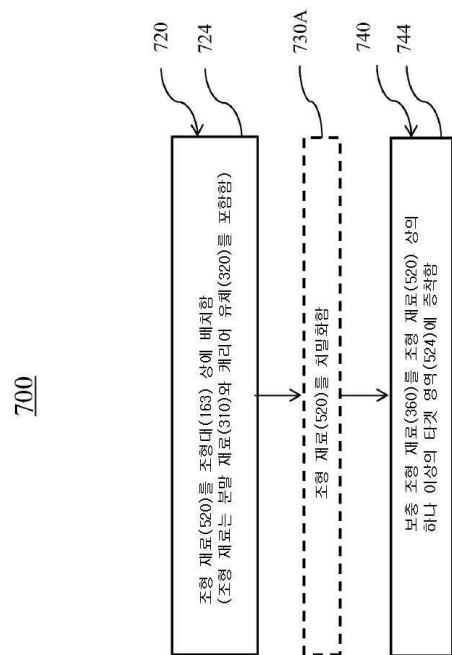
도면42a



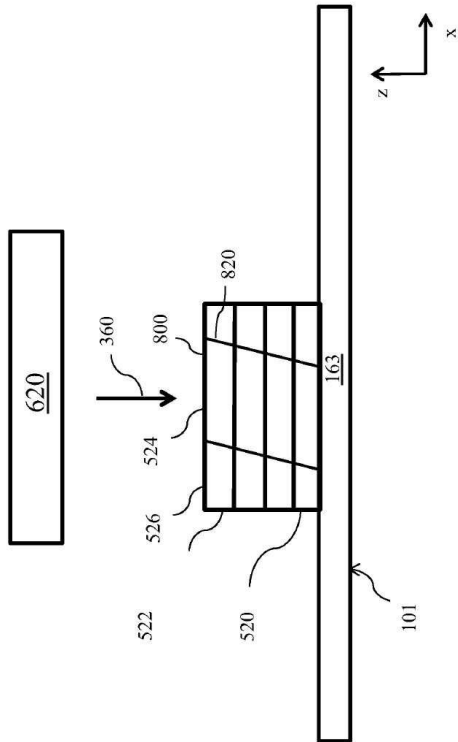
도면42b



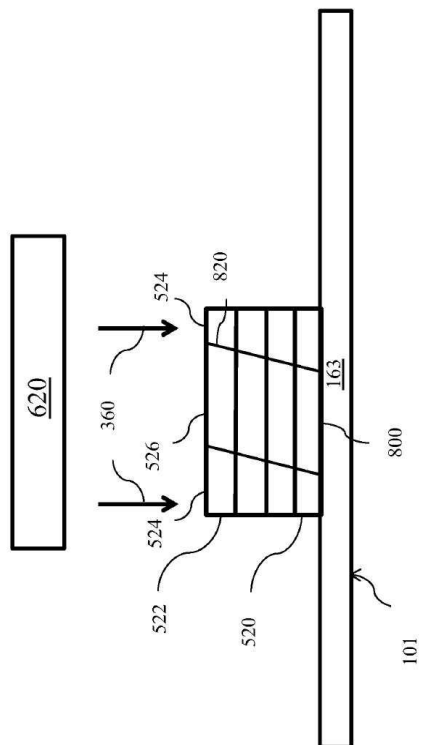
도면43



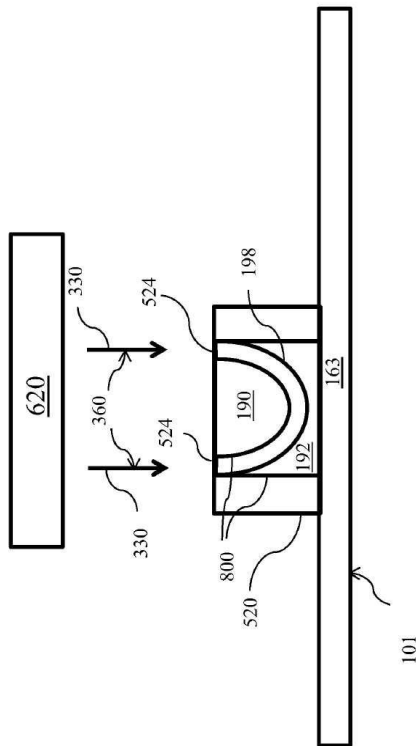
도면44



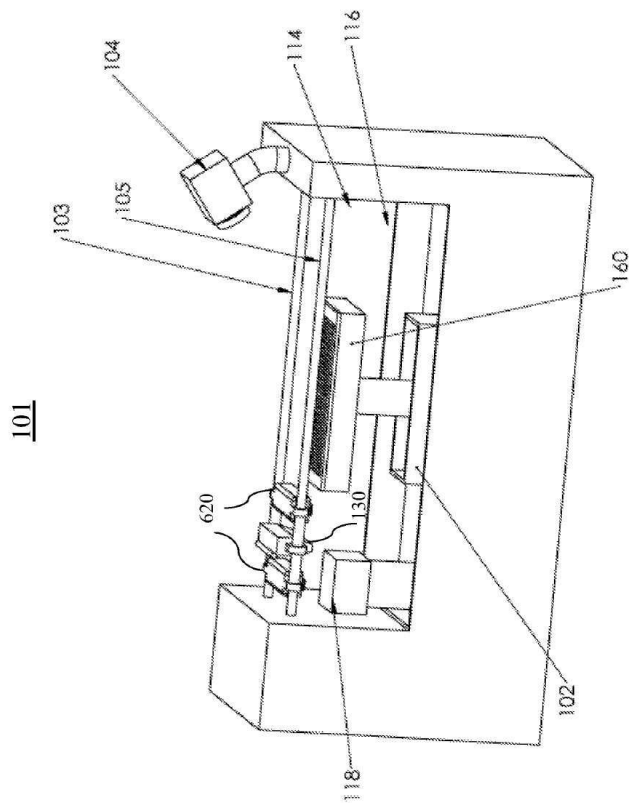
도면45



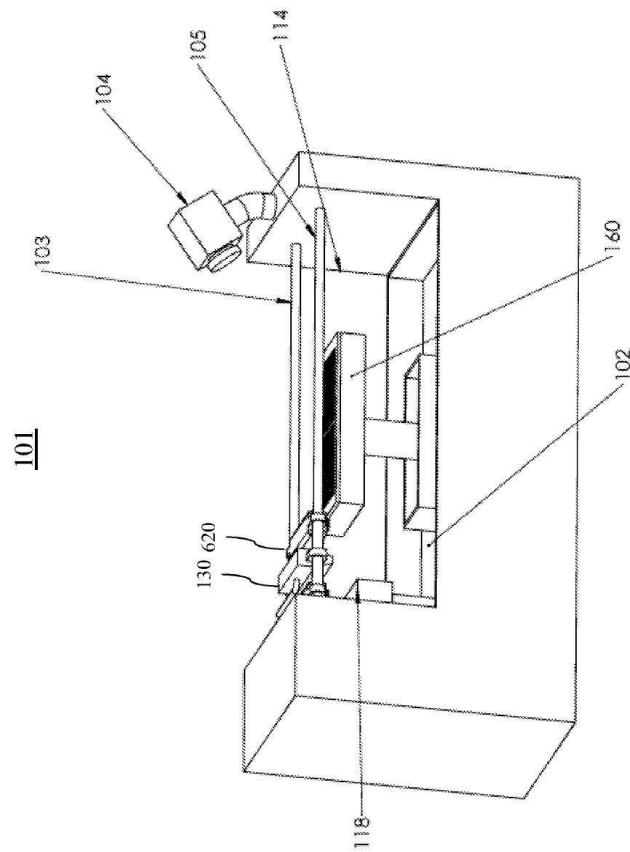
도면46



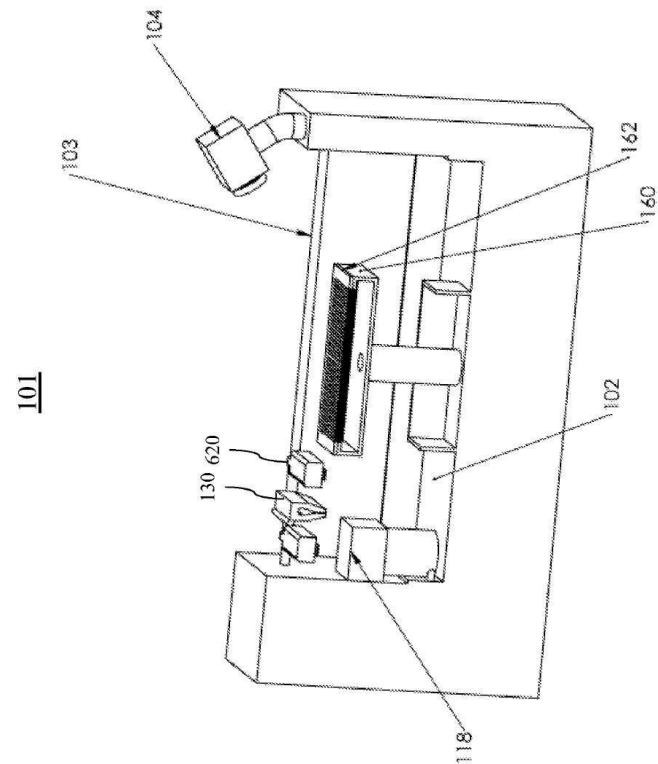
도면47



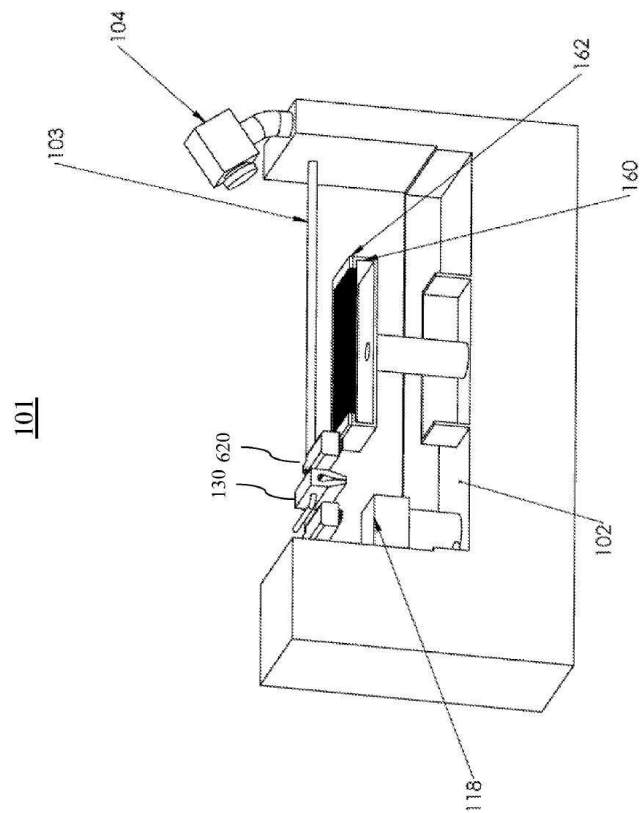
도면48



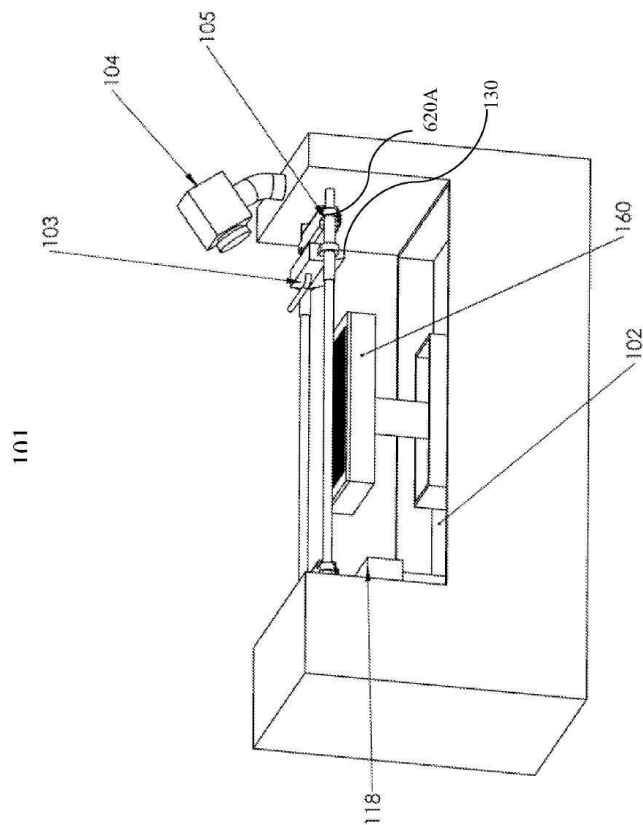
도면49



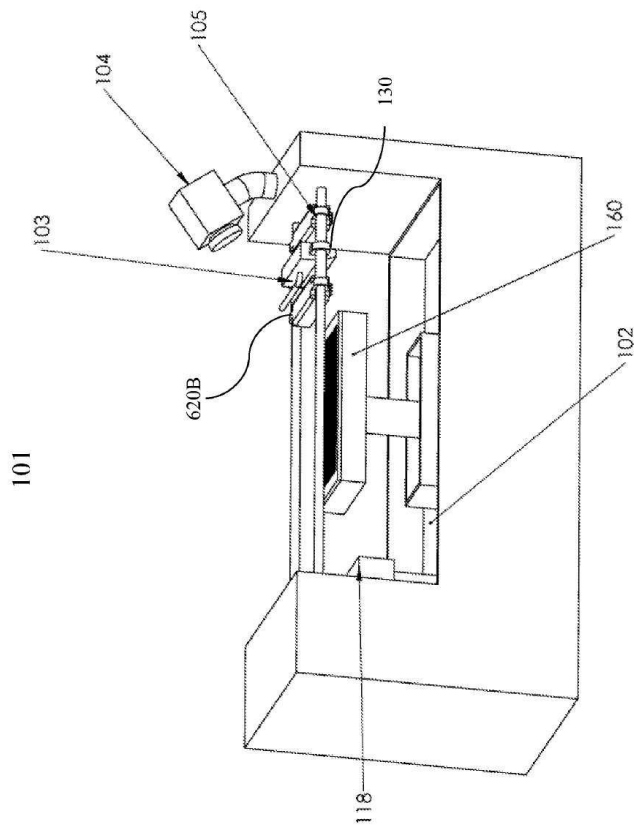
도면50



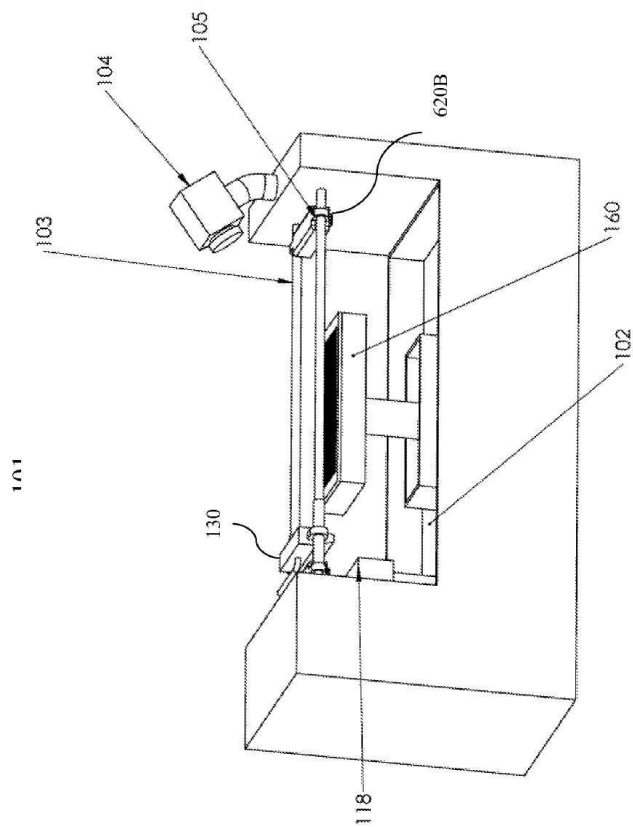
도면51



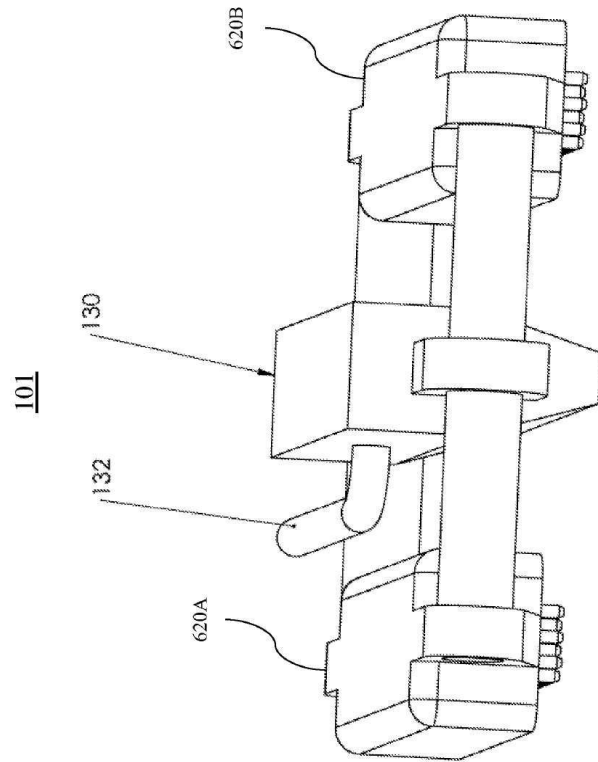
도면52



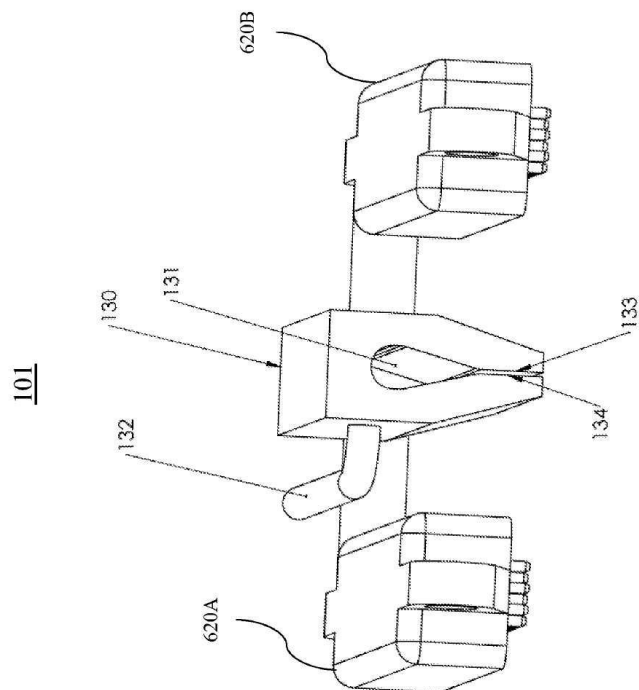
도면53



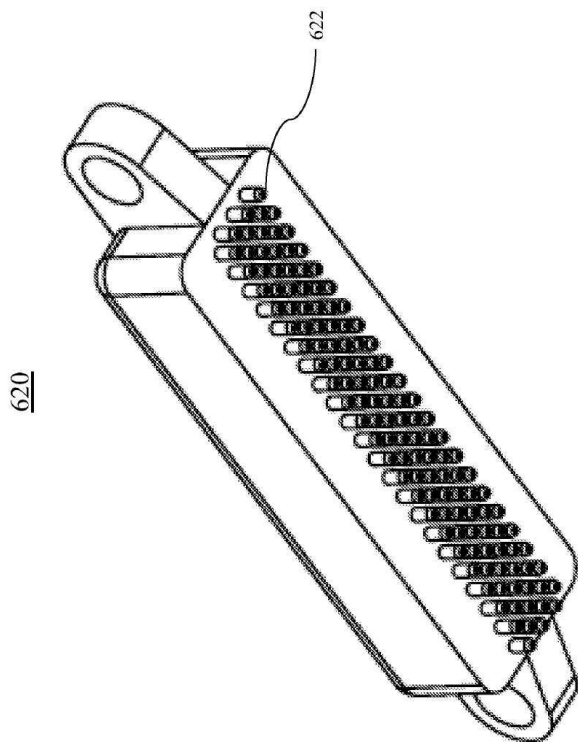
도면54



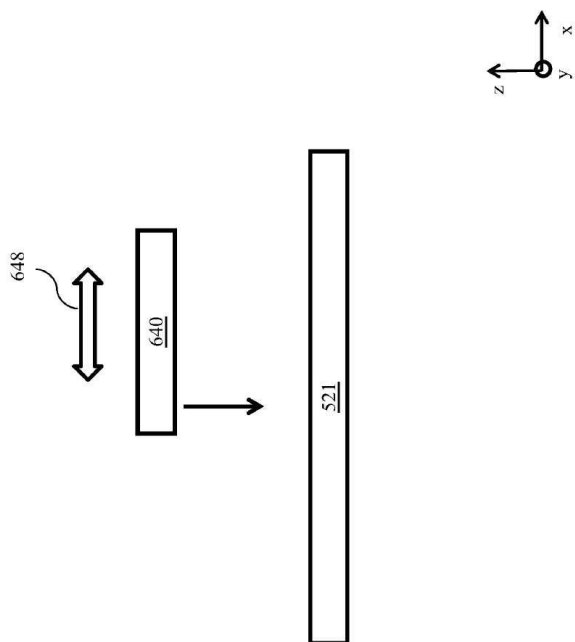
도면55



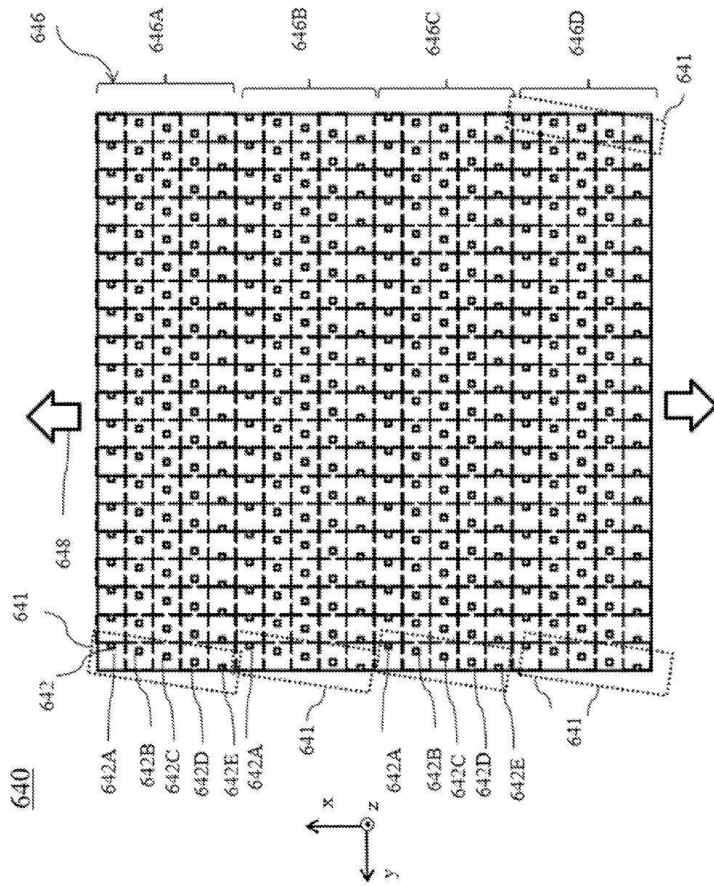
도면56



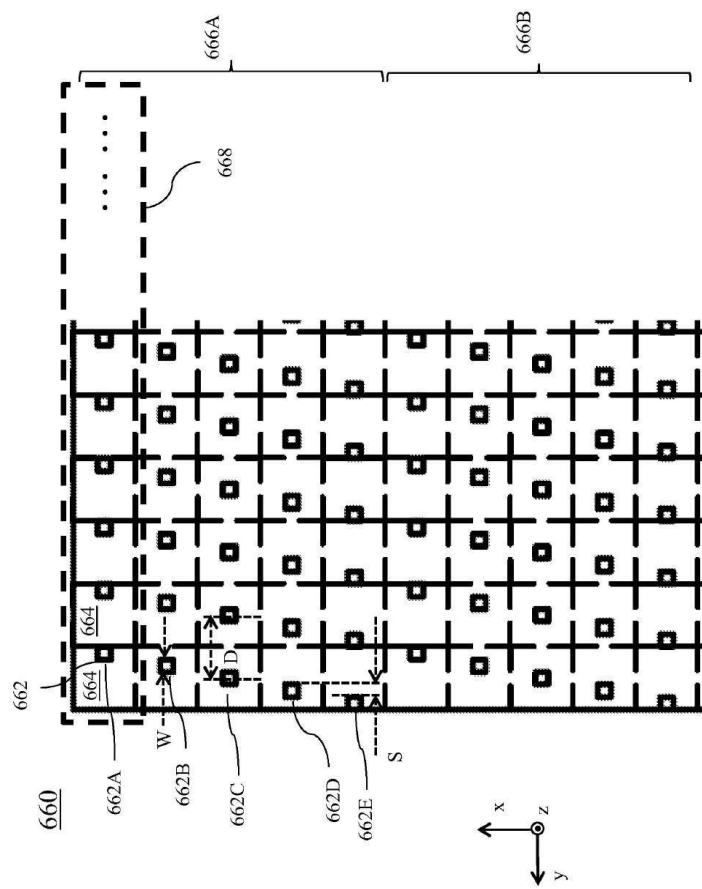
도면57



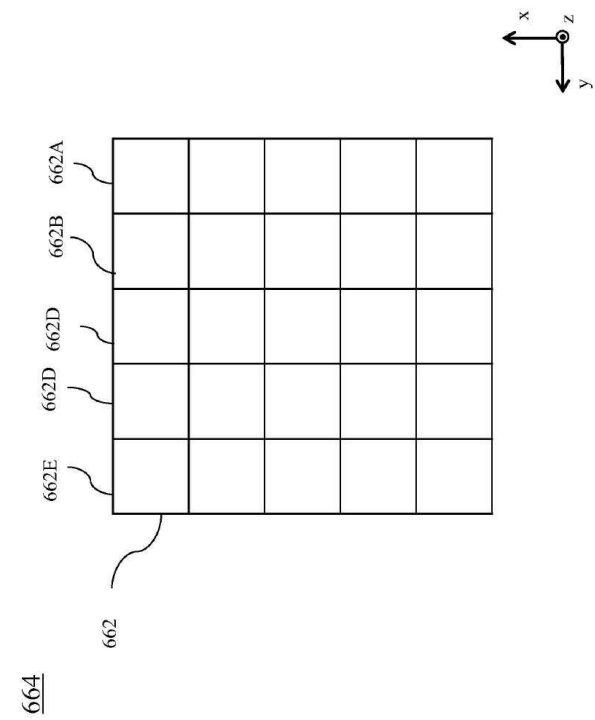
도면58



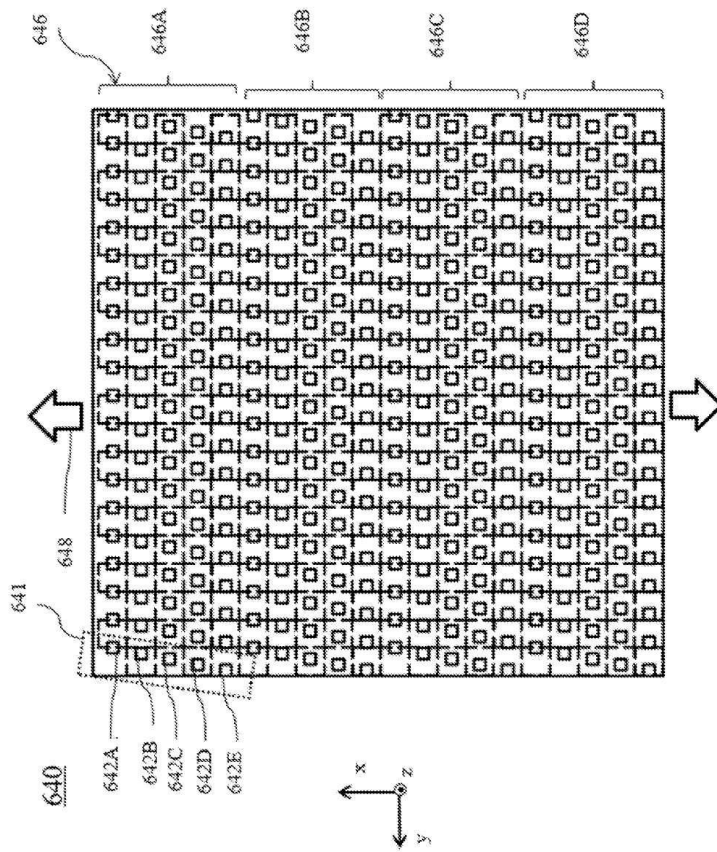
도면59



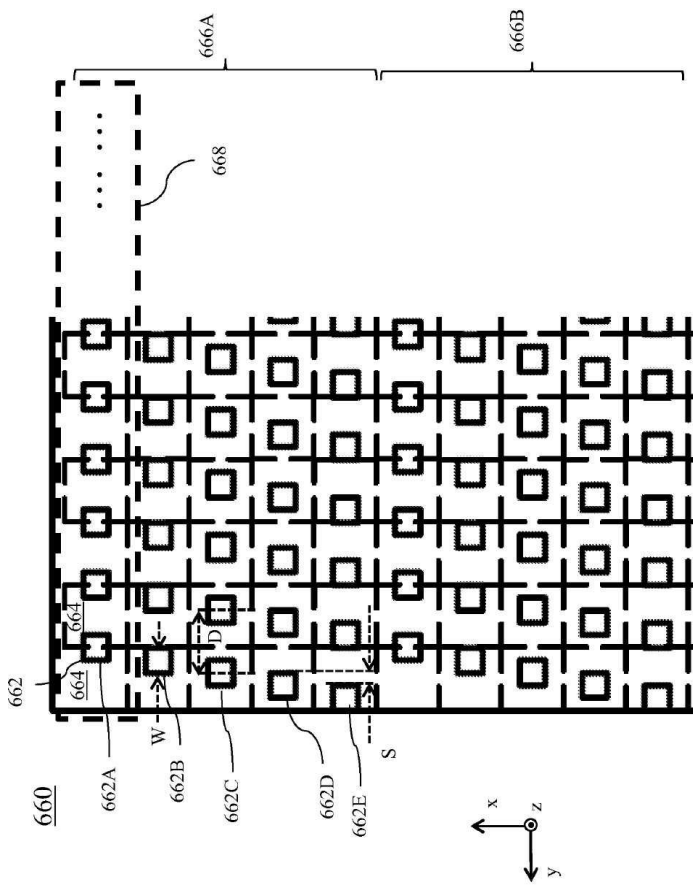
도면60



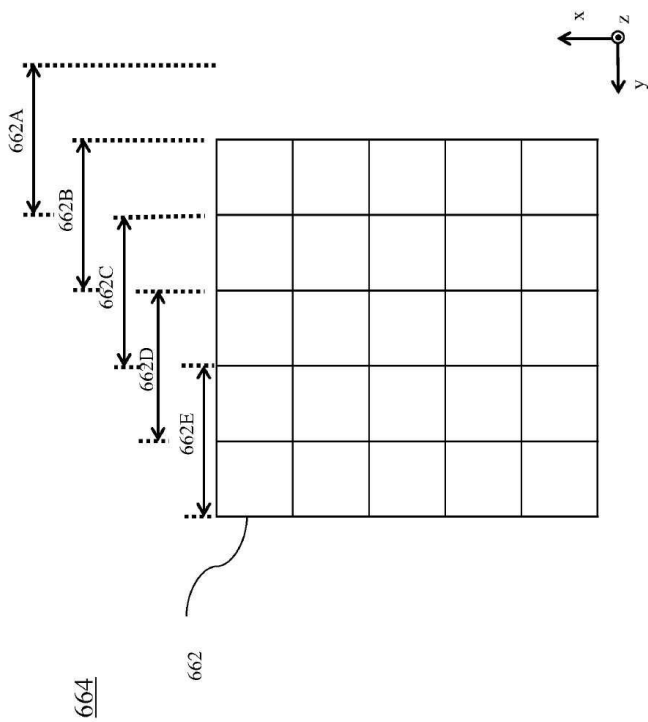
도면61



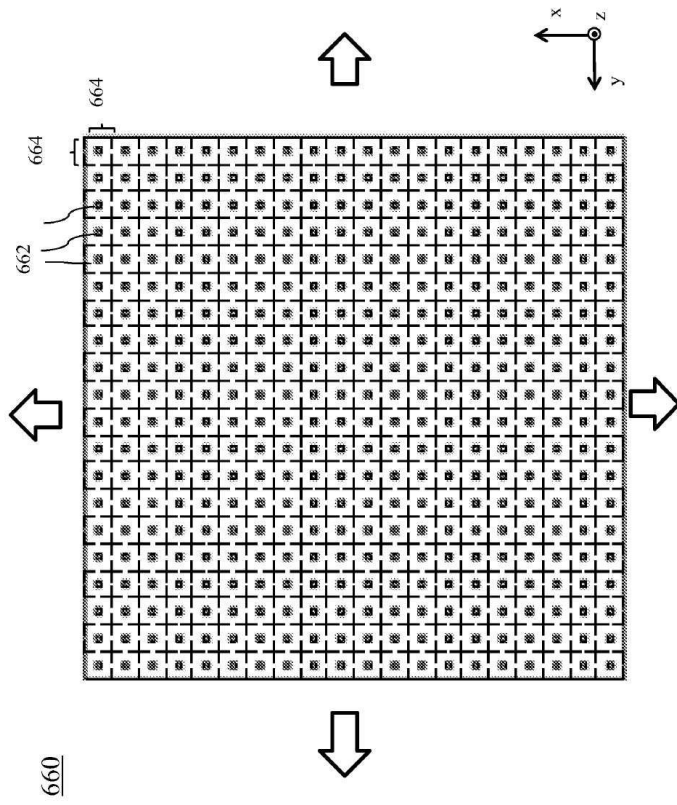
도면62



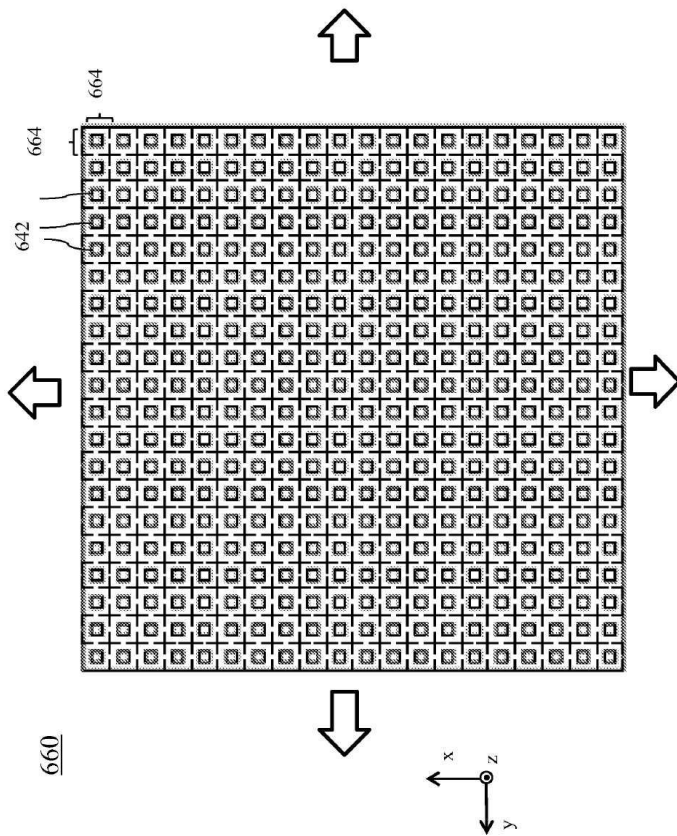
도면63



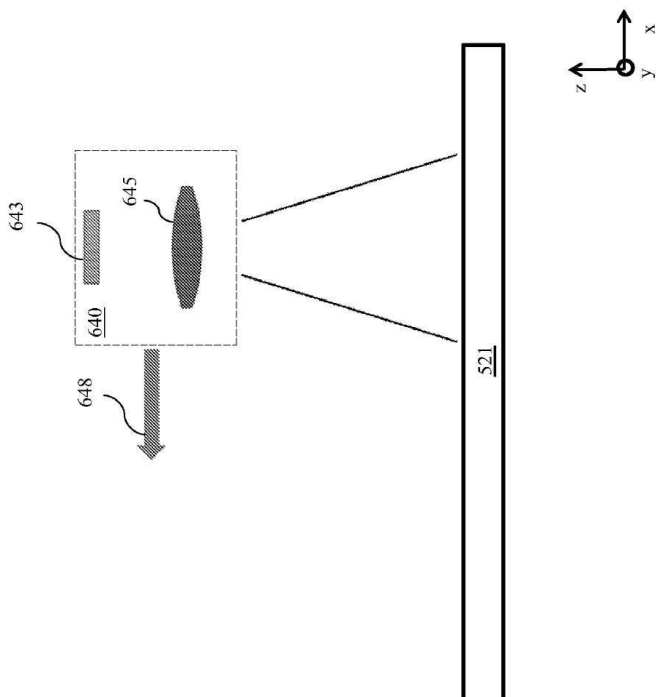
도면64



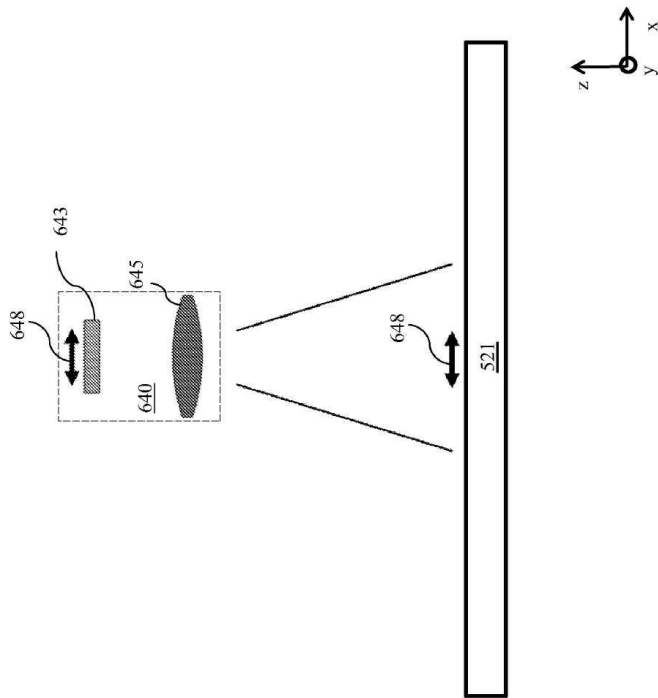
도면65



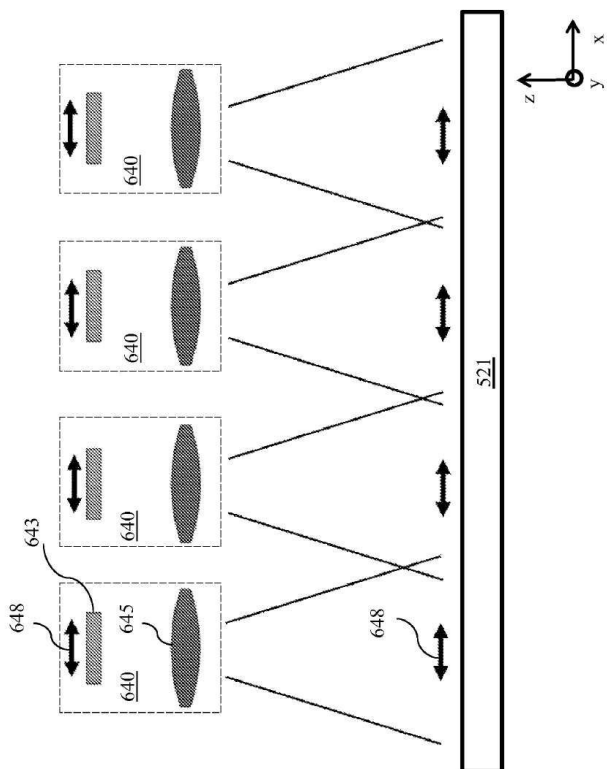
도면66



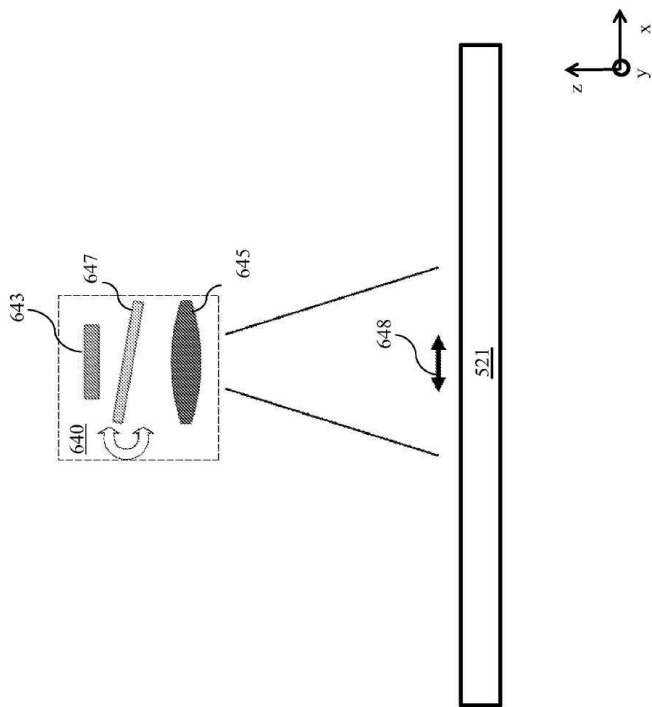
도면67



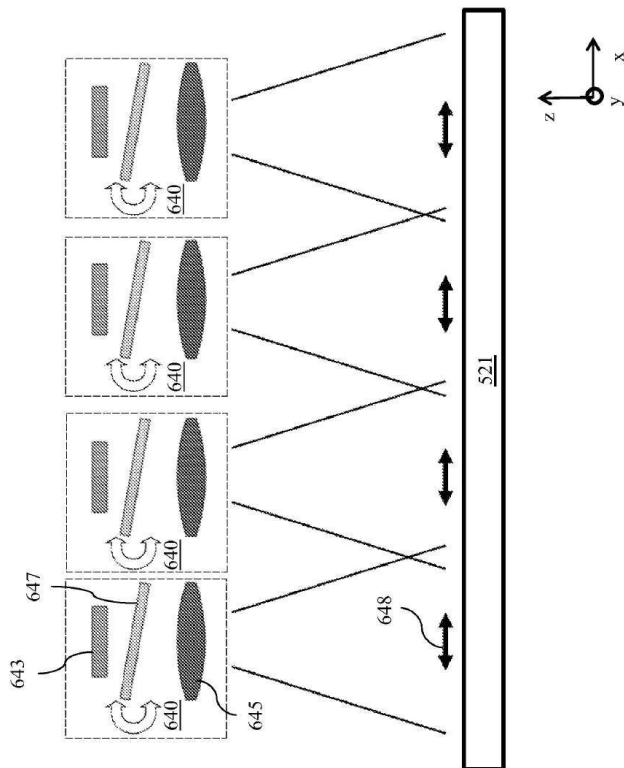
도면68



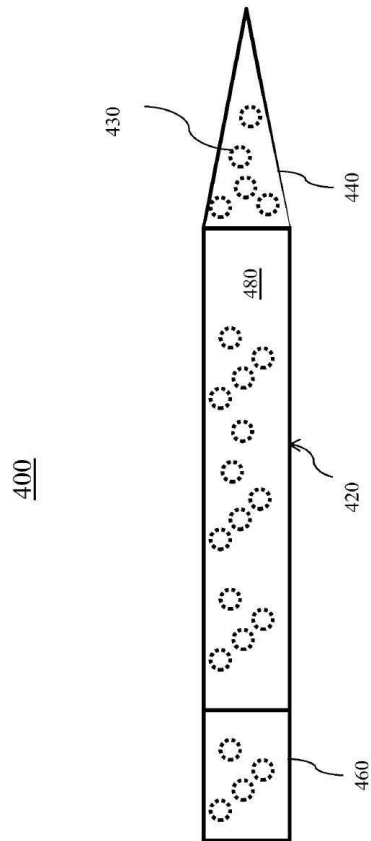
도면69



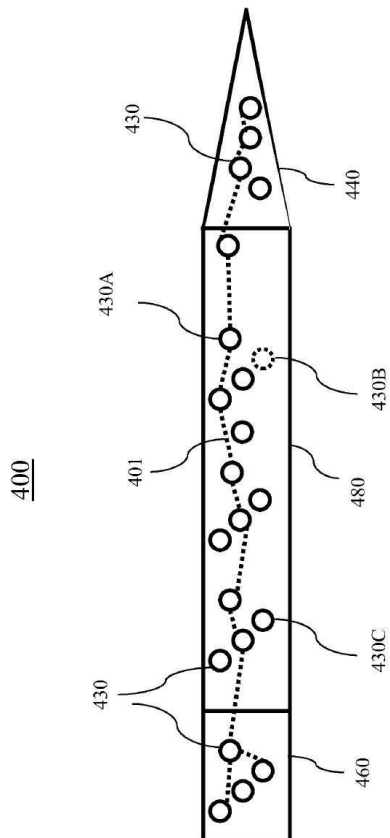
도면70



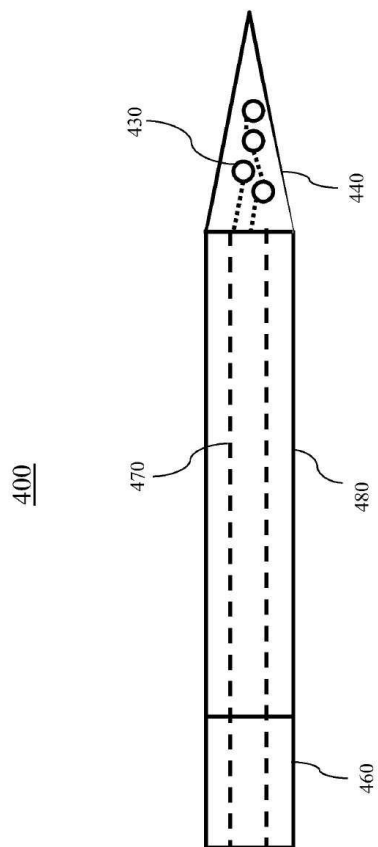
도면71



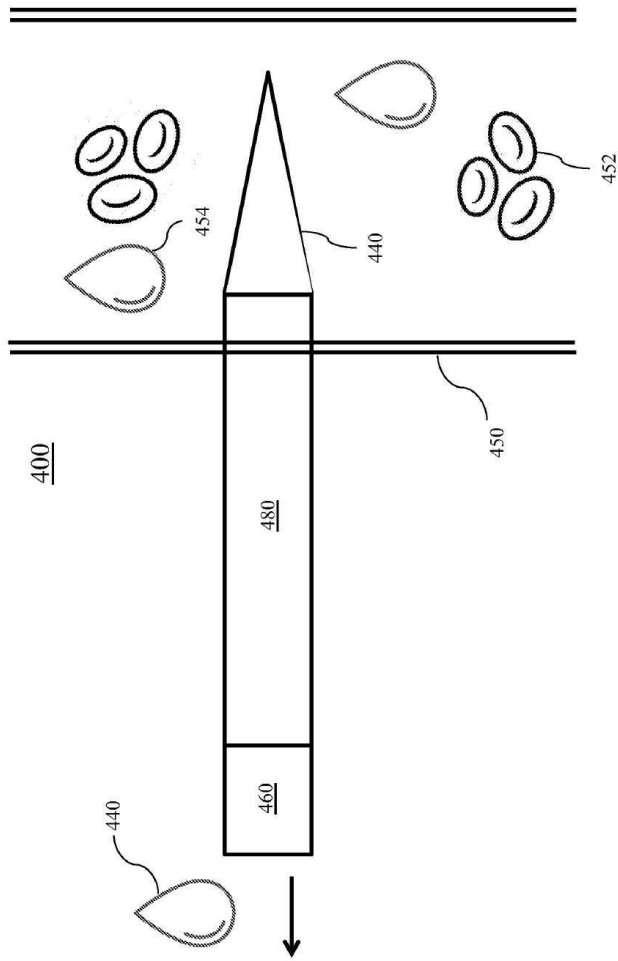
도면72



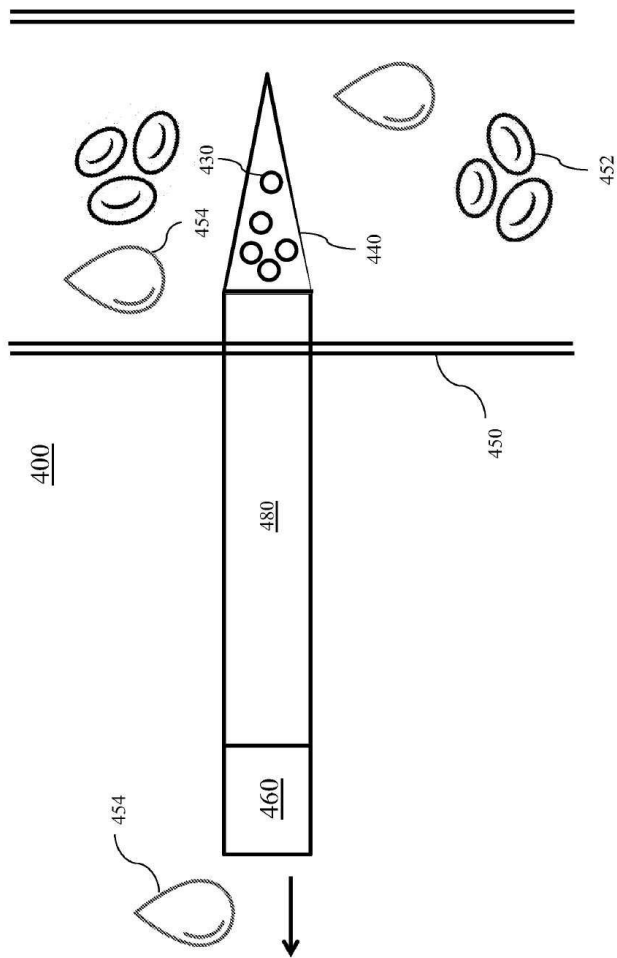
도면73



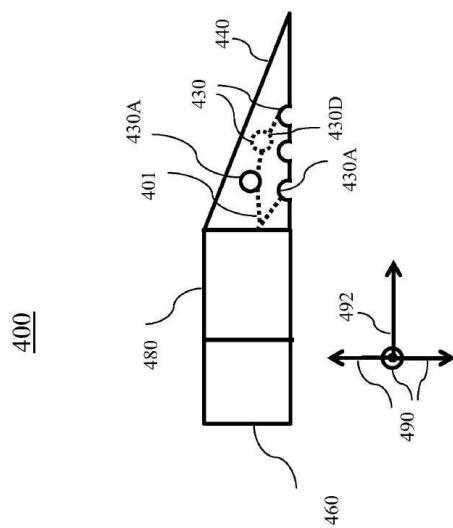
도면74



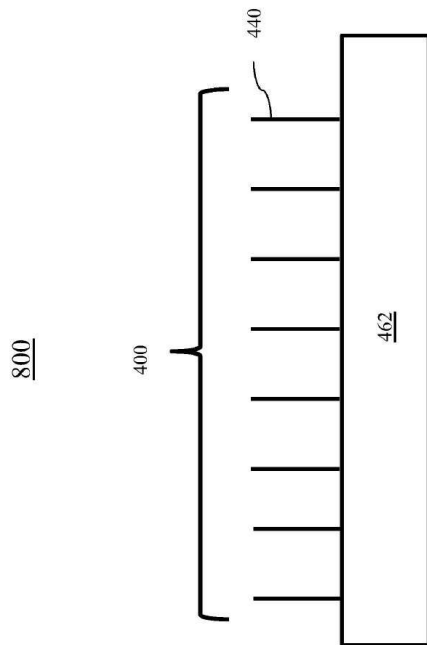
도면75



도면76



도면77



도면78

