(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년11월02일
(11) 등록번호 10-1914793
(24) 등록일자 2018년10월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F02M 61/18 (2006.01) *B05B 1/06* (2006.01)
B23P 15/16 (2006.01) *F02M 61/16* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7004998
(22) 출원일자(국제) 2010년07월29일
심사청구일자 2015년07월22일
(85) 번역문제출일자 2012년02월27일
(65) 공개번호 10-2012-0046757
(43) 공개일자 2012년05월10일
(86) 국제출원번호 PCT/US2010/043628
(87) 국제공개번호 WO 2011/014607
국제공개일자 2011년02월03일
(30) 우선권주장
61/229,821 2009년07월30일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2008064038 A*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 6 항

(73) 특허권자
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스 33427 쓰리엠 센터
(72) 발명자
카펜터 배리 에스
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터
윌러비 제이미 비
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터
사린 제니퍼 제이
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터
(74) 대리인
양영준, 김영

심사관 : 임충환

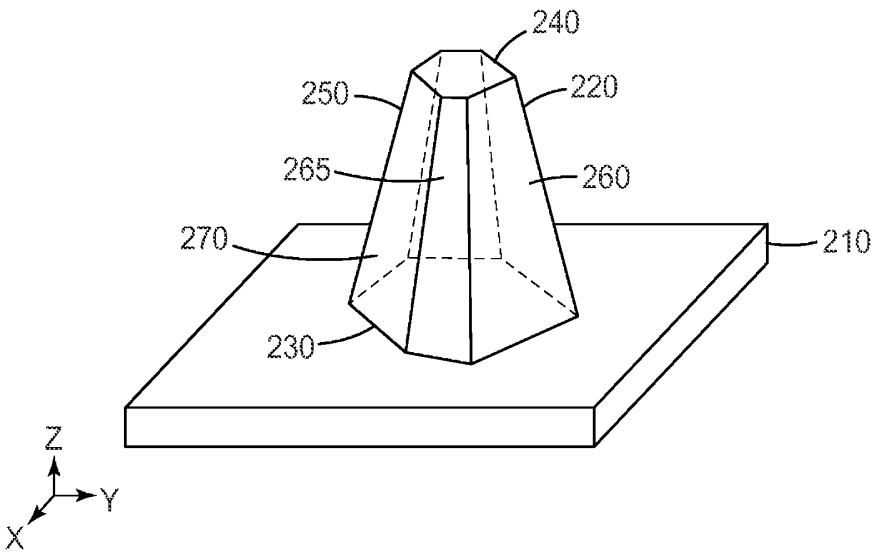
(54) 발명의 명칭 **노즐 및 그 제조 방법**

(57) 요 약

노즐 및 이의 제조 방법이 개시된다. 이 방법은 (a) 다광자 반응을 받을 수 있는 제1 재료를 제공하는 단계; (b) 다광자 공정을 사용하여 제1 재료 내에 제1 미세구조화 패턴을 형성하는 단계; (c) 제1 재료와는 상이한 제2 재료 내에 제1 미세구조화 패턴을 복제하여, 제2 재료 내에 제2 미세구조화 패턴을 포함하는 제1 주형을 제조하

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



는 단계; (d) 제1 재료 및 제2 재료와는 상이한 제3 재료 내에 제2 미세구조화 패턴을 복제하여, 제3 재료 내에 복수의 미세구조체를 포함하는 제3 미세구조화 패턴을 포함하는 제2 주형을 제조하는 단계; (e) 제3 재료와는 상이한 제4 재료의 층으로 제2 주형의 제3 미세구조화 패턴을 평탄화하는 단계 - 상기 층은 제3 미세구조화 패턴 내의 복수의 미세구조체에서 미세구조체의 상부를 노출시킴 - ; 및 (f) 제3 재료를 제거하여, 제3 미세구조화 패턴 내의 복수의 미세구조체에 대응하는 제4 재료 내의 복수의 구멍을 포함하는 노즐을 형성하는 단계를 포함한다.

(56) 선행기술조사문헌
JP2004332543 A*
JP02519568 Y
US5685485 A
WO2007137102 A2*
JP2005250021 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명 세 서

청구범위

청구항 1

노즐을 제조하는 방법으로서,

(a) 다광자(multiphoton) 반응을 받을 수 있는 제1 재료를 제공하는 단계;

(b) 다광자 공정을 사용하여 제1 재료를 선택적으로 반응시킴으로써 제1 재료 내에 제1 미세구조화 패턴(microstructured pattern)을 형성하는 단계 - 상기 다광자 공정은 제1 재료를 노광시키는 데 사용된 광의 집중된 빔의 초점 구역으로 중합이 한정 또는 제한될 수 있게 함 - ;

(c) 제1 재료와는 상이한 제2 재료 내에 제1 미세구조화 패턴을 복제하여, 제2 재료 내에 제2 미세구조화 패턴을 포함하는 제1 주형(mold)을 제조하는 단계;

(d) 제2 재료와는 상이한 제3 재료 내에 제2 미세구조화 패턴을 복제하여, 제3 재료 내에 복수의 미세구조체를 포함하는 제3 미세구조화 패턴을 포함하는 제2 주형을 제조하는 단계;

(e) 제3 재료와는 상이한 제4 재료 내에 제3 미세구조화 패턴을 복제하여, 복제된 구조체를 제조하는 단계;

(f) 복제된 구조체의 제4 재료를 평탄화하여 제3 미세구조화 패턴 내의 복수의 미세구조체에서 미세구조체의 상부를 노출시키는 단계; 및

(g) 제3 재료를 제거하여, 제3 미세구조화 패턴 내의 복수의 미세구조체에 대응하는 제4 재료 내의 복수의 구멍을 포함하는 노즐을 형성하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 제1 미세구조화 패턴은 복수의 개별 미세구조체를 포함하고, 복수의 개별 미세구조체는 개별 나선형 미세구조체를 포함하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 제2 재료는 금속이고, 상기 제2 재료 내에 제1 미세구조화 패턴을 복제하는 단계는 제1 주형을 제조하기 위해 금속 내에 제1 미세구조화 패턴을 전기 도금하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 제2 미세구조화 패턴은 실질적으로 제1 미세구조화 패턴의 네거티브 복제물인 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 제3 재료는 중합체이고, 제2 주형은 중합체를 포함하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 제4 재료는 금속이고, 제3 미세구조화 패턴을 복제하는 단계는 제3 미세구조화 패턴을 전기 도금하는 단계 또는 제3 미세구조화 패턴을 제4 재료로 코팅하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

청구항 56

삭제

청구항 57

삭제

청구항 58

삭제

청구항 59

삭제

청구항 60

삭제

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

청구항 66

삭제

청구항 67

삭제

청구항 68

삭제

청구항 69

삭제

청구항 70

삭제

청구항 71

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 일반적으로 노즐에 관한 것이다. 본 발명은 또한 그러한 노즐을 포함하는 연료 분사기(fuel injector)에 적용가능하다.

배 경 기 술

[0002] 연료 분사는 점점 더 내연 기관에서 연료와 공기를 혼합하는 바람직한 방법이 되고 있다. 연료 분사는 일반적으로 엔진의 연료 효율을 증가시키고 해로운 배기가스를 감소시키기 위하여 사용될 수 있다. 연료 분사기는 일반적으로 연소를 위해 압력 하에서 연료를 무화(atomizing)하기 위한 노즐을 포함한다. 증가하는 엄격한 환경 기준은 더욱 효율적인 연료 분사기를 필요로 한다.

발명의 내용

[0003] 일반적으로, 본 발명은 노즐 및 노즐을 제조하는 방법에 관한 것이다. 일 실시 형태에서, 노즐을 제조하는 방법은 (a) 다광자 반응을 받을 수 있는 제1 재료를 제공하는 단계; (b) 다광자 공정을 사용하여 제1 재료 내에 제1 미세구조화 패턴을 형성하는 단계; (c) 제1 재료와는 상이한 제2 재료 내에 제1 미세구조화 패턴을 복제하여, 제2 재료 내에 제2 미세구조화 패턴을 포함하는 제1 주형을 제조하는 단계; (d) 제1 재료 및 제2 재료와는 상이한 제3 재료 내에 제2 미세구조화 패턴을 복제하여, 제3 재료 내에 복수의 미세구조체를 포함하는 제3 미세구조화 패턴을 포함하는 제2 주형을 제조하는 단계; (e) 제3 재료와는 상이한 제4 재료의 층으로 제2 주형의 제3 미세구조화 패턴을 평탄화하는 단계 - 상기 층은 제3 미세구조화 패턴 내의 복수의 미세구조체에서 미세구조체의 상부를 노출시킴 - ; 및 (f) 제3 재료를 제거하여, 제3 미세구조화 패턴 내의 복수의 미세구조체에 대응하는 제4 재료 내의 복수의 구멍을 포함하는 노즐을 형성하는 단계를 포함한다. 일부 경우에, 이 방법 내의 단계들은 순차적으로 수행된다. 일부 경우에, 제1 재료는 폴리(메틸 메타크릴레이트)를 포함한다. 일부 경우에, 제1 재료는 2광자 반응을 받을 수 있다. 일부 경우에, 제1 미세구조화 패턴은 복수의 개별 미세구조체를 포함한다. 일부 경우에, 복수의 개별 미세구조체는 3차원의 직선으로 된 몸체, 3차원의 직선으로 된 몸체의 일부분, 3차원의 곡선으로 된 몸체, 3차원의 곡선으로 된 몸체의 일부분, 다면체, 원뿔, 테이퍼 형성된 미세구조체 또는 나선형 미세구조체인 개별 미세구조체를 포함한다. 일부 경우에, 제1 미세구조화 패턴은 2광자 공정을 사용하여 제1 재료 내에 형성된다. 일부 경우에, 제1 재료 내에 제1 미세구조화 패턴을 형성하는 단계는 다수의 광자들의 동시 흡수를 야기하도록 제1 재료의 적어도 일부분을 노출시키는 단계를 포함한다. 일부 경우에, 제1 재료 내에 제1 미세구조화 패턴을 형성하는 단계는 제1 재료의 노출된 부분 또는 제1 재료의 노출되지 않은 부분을 제거하는 단계를 포함한다. 일부 경우에, 제2 재료 내에 제1 미세구조화 패턴을 복제하는 단계는 제1 미세구조화 패턴을 전기 도금하는 단계를 포함한다. 일부 경우에, 제2 재료는 전기 도금 재료를 포함한다. 일부 경우에, 제1 주형은 금속을 포함한다. 일부 경우에, 제1 주형은 Ni을 포함한다. 일부 경우에, 제2 미세구조화 패턴은 실질적으로 제1 미세구조화 패턴의 네거티브 복제물이다. 일부 경우에, 제3 재료 내에 제2 미세구조화 패턴을 복제하는 단계는 사출 성형을 포함한다. 일부 경우에, 제3 재료는 폴리카르보네이트와 같은 중합체를 포함한다. 일부 경우에, 제2 주형은 중합체를 포함한다. 일부 경우에, 제3 미세구조화 패턴은 실질적으로 제2 미세구조화 패턴의 네거티브 복제물이다. 일부 경우에, 제3 미세구조화 패턴을 평탄화하는 단계는 제3 미세구조화 패턴을 전기 도금하는 단계를 포함한다. 일부 경우에, 제3 미세구조화 패턴을 평탄화하는 단계는 제3 미세구조화 패턴을 제4 재료로 코팅하는 단계를 포함한다. 일부 경우에, 제3 미세구조화 패턴을 평탄화하는 단계는 제3 미세구조화 패턴을 제4 재료로 전기 도금하는 단계를 포함한다. 일부 경우에, 제3 미세구조화 패턴을 평탄화하는 단계는 제4 재료의 일부분을 제거하는 단계를 포함하고, 여기서 일부 경우에, 코팅된 제4 재료의 부분은 연삭 방법에 의해 제거된다. 일부 경우에, 제4 재료는 전기 도금 재료를 포함한다. 일부 경우에, 노즐은 금속을 포함한다. 일부 경우에, 노즐은 Ni을 포함한다.

[0004] 다른 실시 형태에서, 노즐은 중공 내부 및 중공 내부를 노즐의 외부와 연결하는 적어도 하나의 구멍을 포함한다. 적어도 하나의 구멍은 제1 형상을 갖는 노즐의 중공 내부에서의 구멍 입구, 및 제1 형상과는 상이한 제2 형상을 갖는 노즐의 외부에서의 구멍 출구를 포함한다. 일부 경우에, 제1 형상은 타원 형상이고, 제2 형상은 원형 형상이다. 제1 형상은 레이스트랙(racetrack) 형상이고, 제2 형상은 원형 형상이다. 일부 경우에, 제1 형상의 주연부(perimeter)는 복수의 밀접하게 패킹된(packed) 원들의 외측 원호들을 포함하고, 외측 원호들은 곡선형 필릿(fillet)들에 의해 연결된다.

[0005] 다른 실시 형태에서, 노즐은 중공 내부 및 중공 내부를 노즐의 외부와 연결하는 적어도 하나의 구멍을 포함한다. 적어도 하나의 구멍은 노즐의 중공 내부에서의 구멍 입구 및 노즐의 외부에서의 구멍 출구를 포함한다. 적어도 하나의 구멍은 구멍 입구로부터 구멍 출구까지 회전하는 단면을 갖는다. 일부 경우에, 단면은 구멍 입구로부터 구멍 출구까지 증가하는 회전율을 갖는다. 일부 경우에, 단면은 구멍 입구로부터 구멍 출구까지 감소하는 회전율을 갖는다. 일부 경우에, 단면은 구멍 입구로부터 구멍 출구까지 일정한 회전율을 갖는다. 일부 경우에, 구멍 입구는 제1 형상을 갖고, 구멍 출구는 제1 형상과는 상이한 제2 형상을 갖는다. 일부 경우에,

노즐은 최외측 원을 포함한 동심원들의 어레이로 배열된 복수의 구멍을 포함한다. 개별 노즐 구멍들은 최외측 원의 직경이 동심원들의 어레이 내의 각각의 원으로부터 적어도 하나의 개별 노즐 구멍을 포함하지는 않도록 배열된다. 일부 경우에, 동심원들의 어레이 내의 각각의 원은 균등하게 이격된 개별 노즐 구멍들을 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0006] 첨부 도면과 관련하여 본 발명의 다양한 실시 형태의 이하의 상세한 설명을 고려하면 본 발명이 보다 완전히 이해되고 인식될 수 있다.

<도 1a 내지 도 1m>

도 1a 내지 도 1m은 노즐을 제조하는 공정에서 중간 스테이지 또는 단계에서의 구조물의 개략도.

<도 2>

도 2는 미세구조체의 개략 3차원 도면.

<도 3>

도 3은 다른 미세구조체의 개략 3차원 도면.

<도 4>

도 4는 다른 미세구조체의 개략 3차원 도면.

<도 5>

도 5는 다른 미세구조체의 개략 3차원 도면.

<도 6>

도 6은 미세구조체의 기부의 개략도.

<도 7 및 도 8>

도 7 및 도 8은 각각 미세구조체의 개략 3차원 도면 및 평면도.

<도 9>

도 9는 미세구조체(노즐 구멍)의 개략 3차원 도면.

<도 10>

도 10은 도 9에 도시된 미세구조체(노즐 구멍)의 기부(구멍 입구)의 개략도.

<도 11>

도 11은 도 9에 도시된 미세구조체(노즐 구멍)의 개략 평면도.

<도 12>

도 12는 노즐 구멍(미세구조체)의 개략 3차원 도면.

<도 13>

도 13은 도 12에 도시된 노즐 구멍(미세구조체)의 구멍 입구(기부)의 개략도.

<도 14>

도 14는 도 12에 도시된 노즐 구멍(미세구조체)의 개략 평면도.

<도 15a 및 도 15b>

도 15a 및 도 15b는 구멍(미세구조체)의 2개의 상이한 어레이들의 개략 평면도.

<도 16>

도 16은 복수의 노즐 구멍(미세구조체)의 개략 3차원 도면.

<도 17>

도 17은 미세구조체의 개략 측면도.

<도 18>

도 18은 노광 시스템의 개략 측면도.

<도 19 및 도 20>

도 19 및 도 20은 미세구조체들의 클러스터(cluster)의 2개의 주사 전자 현미경 사진(scanning electron micrograph, SEM).

<도 21>

도 21은 폴리카르보네이트 미세구조체들의 클러스터의 SEM.

<도 22 및 도 23>

도 22 및 도 23은 각각의 구멍 입구들 및 구멍들의 클러스터의 구멍 입구들의 광학 현미경 사진.

<도 24>

도 24는 노즐의 개략 측면도.

<도 25>

도 25는 도 22 및 도 23에 도시된 구멍들 중 하나의 SEM.

명세서에서, 다수의 도면에 사용되는 동일한 도면 부호는 동일하거나 유사한 특성 및 기능을 갖는 동일하거나 유사한 요소를 지시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0007] 본 발명은 일반적으로 스프레이 노즐에 관한 것이다. 개시된 노즐은 구멍 입구에서, 구멍 벽 내부에서 그리고 구멍 출구에서 스프레이 방향 및 유체 동역학을 개선하도록 설계된 하나 이상의 구멍을 포함한다. 개시된 노즐은 유리하게는 연료 효율을 개선하기 위하여 연료 분사기 시스템 내로 포함될 수 있다. 개시된 노즐은 2개의 광자와 같은 다광자(multiphoton) 공정을 사용하여 제조될 수 있다. 특히, 다광자 공정은 미세구조체를 제조하는 데 사용될 수 있는데, 미세구조체는 이어서 노즐 또는 다른 응용에서 사용되기 위한 구멍을 제조하기 위한 주형(mold)으로서 사용될 수 있다.

[0008] 용어 "노즐"이 당업계에서 다수의 상이한 의미를 가질 수도 있다는 것을 이해하여야 한다. 일부 특정 참고문헌에서, 용어 "노즐"은 넓은 정의를 갖는다. 예를 들어, 미국 특허공개 제2009/0308953 A1호(페일스트란트(Palestrant) 등)는 폐색기 챔버(50)를 포함한 다수의 요소를 포함하는 "무화 노즐"을 개시한다. 이는 본 명세서에 의해 제시된 노즐의 이해 및 정의와는 상이하다. 예를 들어, 본 발명의 노즐은 페일스트란트 등의 오리피스 삽입체(orifice insert, 24)에 대체로 대응할 것이다. 일반적으로, 본 발명의 노즐은 스프레이가 최종적으로 방출되어 나오는 무화 스프레이 시스템의 최종 테이퍼 형성된 부분으로서 이해될 수 있다[예컨대, 노즐의 메리엄 웹스터 사전의 정의("유체의 유동을 빠르게 하거나 안내하기 위하여 (호스 상에서처럼) 사용되는 테이퍼 또는 잘록한 부분을 갖는 짧은 튜브") 참조]. 추가적인 이해는 니폰덴소 컴퍼니, 리미티드(Nippondenso Co., Ltd.)(일본 가리야 소재)에 허여된 미국 특허 제5,716,009호(오기하라(Ogihara) 등)를 참조함으로써 얻어질 수 있다. 이러한 참고문헌에서, 게다가, 유체 분사 "노즐"은 다중편(multi-piece) 밸브 요소(10)("유체 분사 노즐로서 작용하는 연료 분사 밸브(10)" - 오기하라 등의 컬럼 4, 제26행 내지 제27행 참조 -)로서 넓게 정의된다. 본 명세서에 사용되는 바와 같은 용어 "노즐"의 본 정의 및 이해는, 예를 들어 연료 스프레이 바로 근방에 위치되는 제1 및 제2 오리피스 플레이트(130, 132)들 및 가능성 있게는 슬리브(138)(오기하라 등의 도 14 및 도 15 참조)에 관련될 것이다. 본 명세서에 기술된 이해와 유사한 용어 "노즐"의 이해는 히다치, 리미티드(Hitachi, Ltd.)(일본 이바라끼 소재)에 허여된 미국 특허 제5,127,156호(요꼬야마(Yokoyama) 등)에 사용되고 있다. 거기서, 노즐(10)은 "선회기(swirler)"(12)와 같은 부착 및 통합된 구조체의 요소들로부터 별개로 정의된다(도 1(II) 참조). 위에서 정의된 이해는, 용어 "노즐"이 상세한 설명의 나머지 부분 및 특허청구범위 전체에 걸쳐 언급될 때, 이해되어야 할 것이다.

[0009] 일부 경우에, 개시된 미세구조체는 3차원의 직선으로 된 몸체, 예를 들어 다면체, 예컨대 4면체 또는 6면체, 프

리즘 또는 피라미드, 또는 그러한 몸체들의 일부분 또는 조합, 예컨대 절두체일 수 있다. 예를 들어, 도 2는 기재(substrate)(210) 상에 배치되고, 평면이거나 평평한 기부(230), 평면이거나 평평한 상부(240), 및 기부에 상부를 연결하는 측부(250)를 포함하는 미세구조체(220)의 개략 3차원 도면이다. 측부(250)는 면(facet)(260, 265, 270)과 같은 복수의 평면이거나 평평한 면을 포함한다. 미세구조체(220)는 예를 들어 노즐에 사용되기 위한 구멍을 제조하기 위한 주형으로서 사용될 수 있다.

[0010] 일부 경우에, 개시된 미세구조체는 3차원의 곡선으로 된 몸체 또는 그러한 몸체의 일부분, 예를 들어 구면체, 비구면체, 타원체, 회전타원체, 포물면, 원뿔 또는 절두 원뿔, 또는 원통의 세그먼트일 수 있다. 예를 들어, 도 3은 기재(310) 상에 배치되고, 평면이거나 평평한 기부(330), 평면이거나 평평한 상부(340), 및 기부에 상부를 연결하는 곡선 측부(350)를 포함하는 미세구조체(320)의 개략 3차원 도면이다. 예시적인 미세구조체(320)에서, 상부(340) 및 기부(330)는 동일한 형상을 갖는다. 미세구조체(320)는 기부(330)로부터 상부(340)까지 더 좁아지게 테이퍼 형성된다. 그 결과, 상부(340)는 기부(330)보다 더 작은 면적을 갖는다. 미세구조체(320)는 예를 들어 노즐에 사용되기 위한 구멍을 제조하기 위한 주형으로서 사용될 수 있다.

[0011] 일부 경우에, 개시된 미세구조체의 특징들 중 일부가 기부로부터 상부까지 변화한다. 예를 들어, 일부 경우에, 개시된 미세구조체는 테이퍼 형성된 미세구조체일 수 있다. 예를 들어, 도 4는 다광자 공정을 사용하여 제조될 수 있는 미세구조체(420)의 개략 3차원 도면이다. 미세구조체(420)는 예를 들어 노즐에 사용되기 위한 구멍을 제조하기 위한 주형으로서 사용될 수 있다. 미세구조체(420)는 기재(410) 상에 배치되고, 기부(430), 상부(440), 및 기부에 상부를 연결하는 측부(450)를 포함한다. 미세구조체(420)는 z-축을 따른 기부(430)와 상부(440) 사이의 거리인 높이 또는 두께 h_1를 갖는다. 미세구조체(420)는 테이퍼 형성된다. 특히, 미세구조체의 두께를 따른 미세구조체의 단면적은 기부(430)로부터 상부(440)까지 감소된다. 예를 들어, 미세구조체(420)는 xy-평면에서 높이 h_2에서의 단면(460) 및 xy-평면에서 높이 $h_3 > h_2$에서의 단면(470)을 포함한다. 단면(470)의 면적은 단면(460)의 면적보다 작고, 단면(460)의 면적은 기부(430)의 면적보다 작다.

[0012] 기부(430)는 제1 형상을 갖고, 상부(440)는 제1 형상과는 상이한 제2 형상을 갖는다. 일부 경우에, 제1 형상은 타원 형상이고, 제2 형상은 원형 형상이다. 예를 들어, 도 5는 타원형 기부(530), 원형 상부(540), 및 기부에 상부를 연결하는 측부(550)를 포함하는 미세구조체(520)의 개략 3차원 도면이다. 타원형 기부(530)는 길이 "a"를 갖고 y-방향을 따르는 장축(560) 및 "a"와는 상이한 길이 "b"를 갖고 x-방향을 따르는 단축(570)을 갖는다. 원형 상부(540)는 반경(r)을 갖는다. 미세구조체(520)는 테이퍼 형성된다. 특히, 원형 상부(540)의 면적은 타원형 기부(530)의 면적보다 작다.

[0013] 다른 예로서, 제1 형상은 레이스트랙일 수 있고, 제2 형상은 예를 들어 원형일 수 있다. 예를 들어, 도 6은 개시된 미세구조체의 기부일 수 있는 기부(630)의 개략도이다. 기부(630)는 2개의 원(642, 644) 및 중간부(650)를 포함한다. 기부(630)는 곡선 부분 또는 원호(632, 634) 및 선형 부분(636, 638)을 포함하는 주연부(660)를 갖는다. 곡선 부분(632, 634)은 각각의 원(642, 644)의 일부분이다.

[0014] 일부 경우에, 개시된 미세구조체는 미세구조체의 기부로부터 미세구조체의 상부까지 회전하는 미세구조체의 두께 또는 높이 방향을 따른 단면을 갖는다. 예를 들어, 도 7은 xy-평면 내에 배치된 기부(730), xy-평면 내에 배치된 상부(740), 및 기부에 상부를 연결하는 측부(780)를 포함하는 미세구조체(720)의 개략 3차원 도면이다. 미세구조체(720)는 높이 h_4를 갖는다. 미세구조체(720)는 상부(740)로부터 기부(730)까지 시계 방향으로 회전하는 xy 단면을 갖는다. 특히, 상부(740)는 x-방향을 따른 대칭축(742)을 갖고, 높이 $h_5<h_4$에서의 미세구조체의 xy 단면(750)은 대칭축(742)에 대해 시계 방향으로 회전한 대칭축(752)을 갖고, 높이 $h_6<h_5$에서의 미세구조체의 xy 단면(755)은 대칭축(752)에 대해 시계 방향으로 회전한 대칭축(757)을 갖고, 높이 $h_7<h_6$에서의 미세구조체의 xy 단면(760)은 대칭축(757)에 대해 시계 방향으로 회전한 대칭축(762)을 갖고, 기부(730)는 대칭축(762)에 대해 시계 방향으로 회전한 y축을 따른 대칭축(732)을 갖는다. 동등하게, 미세구조체(720)는 기부(730)로부터 상부(740)까지 반시계 방향으로 회전하는 xy 단면을 갖는다. 도 8은 상부(740)와 그의 대칭축(742), 단면(750)과 그의 대칭축(752), 단면(755)과 그의 대칭축(757), 단면(760)과 그의 회전축(762), 및 기부(730)와 그의 대칭축(732)을 도시하는 미세구조체(720)의 개략 평면도이다. 상부로부터 볼 때, 단면들 대칭축들은 상부로부터 기부까지 시계 방향으로 회전한다. 그러한 회전은 미세구조체의 높이 또는 두께를 따라 미세구조체 내에서 비틀림을 초래한다. 일부 경우에, 각각의 단면은 대응하는 장축이 대칭축으로서 작용하는 타원일 수 있다. 그러한 경우에, 장축은 기부로부터 상부까지 회전한다. 미세구조체가 테이퍼 형성되고 비틀린 때와 같은 일부 경우에, 단면은 기부로부터 상부까지 회전되고 작아진다. 예를 들어, 타원형 기부(730)는 길이 "a"를 갖고 y-방향을 따

른 장축(732) 및 "a"와는 상이한 길이 "b"를 갖고 x-방향을 따른 단축(734)을 갖는다. 주축이 기부로부터 상부까지 회전됨에 따라, 비 a/b는 예를 들어 "a"를 감소시킴으로써 감소되어, 상부에서 최종적으로 원(a=b)이 될 수 있는 더 작은 타원을 초래한다. 일반적으로, 개시된 미세구조체는 기부로부터 상부까지 미세구조체의 두께를 따른 테이퍼 및/또는 비틀림 또는 나선을 포함할 수 있다.

[0015] 미세구조체(720)는 미세구조체(720)와 실질적으로 동일한 프로파일을 갖는 구멍을 구비한 노즐 내에 하나 이상의 구멍을 제조하기 위한 주형으로서 사용될 수 있다. 예를 들어, 제조는 구멍 입구(730), 구멍 출구(740), 및 구멍 입구로부터 구멍 출구까지 연장되는 벽(752)을 갖는 구멍(720)을 초래한다. 구멍은 구멍 입구로부터 구멍 출구까지 테이퍼 형성되고 나선형으로 되거나 비틀린다. 개시된 나선형 또는 비틀린 노즐 구멍은 연료의 유동 속도를 향상시키고, 액적 크기를 감소시키며 연료와 공기의 혼합을 개선시키기 위하여 연료 분사기에 유리하게 사용될 수 있다.

[0016] 미세구조체는 미세구조체의 상이한 높이들(예컨대, h_6, h_5 등)에서 소정 "직경"을 갖는 것으로 이해될 수 있다. 직경은 공통 높이에서 미세구조체의 에지들 사이의 최대 거리로서 이해될 수 있다. 구멍 입구(730)에서와 같이 타원형 기부가 있는 상황에서, 직경은 장축(732)을 따른 미세구조체의 에지들 사이의 거리일 것이다. 구멍 출구(740)에 대응하는 구조체의 대향 단부에서, 직경은 유사하게는 공통 높이(여기서, h_4)에서의 미세구조체의 에지들 사이의 최대 거리일 것이다. 따라서, 축(742)을 따른 미세구조체의 에지들 사이의 거리는 구멍 출구의 직경에 대응할 것이다. 일부 실시 형태에서, 구멍 입구는 직경이 300 마이크로미터 미만, 또는 200 마이크로미터 미만, 또는 160 마이크로미터 이하 또는 140 마이크로미터 미만일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 구멍 출구는 직경이 300 마이크로미터 미만, 또는 200 마이크로미터 미만, 또는 100 마이크로미터 미만, 또는 40 마이크로미터 이하, 또는 25 마이크로미터 미만일 수 있다.

[0017] 일부 경우에, 노즐 구멍(720)의 단면은 구멍 입구로부터 구멍 출구까지 증가하는 회전율을 갖는다. 일부 경우에, 노즐 구멍(720)의 단면은 구멍 입구로부터 구멍 출구까지 감소하는 회전율을 갖는다. 일부 경우에, 단면은 구멍 입구로부터 구멍 출구까지 일정한 회전율을 갖는다.

[0018] 일반적으로, 개시된 미세구조체의 기부 또는 측방향 단면 또는 개시된 노즐 구멍의 입구 구멍 또는 측방향 단면은 응용에서 바람직할 수도 있는 임의의 단면을 가질 수 있다. 일부 경우에, 기부 또는 입구 구멍은 밀접하게 패킹된 원들의 외측 원호들을 포함하는 주연부를 가질 수 있는데, 여기서 외측 원호들은 곡선형 필릿들에 의해 연결된다. 예를 들어, 도 9는 기부(930), 상부(940) 및 상부에 기부를 연결하는 측부(950)를 포함하는 미세구조체(920)의 개략 3차원 도면이다. 도 10은 4개의 밀접하게 패킹된 원들의 외측 원호들 - 여기서, 외측 원호들은 곡선형 필릿들에 의해 연결됨 - 을 포함하는 주연부(1090)를 갖는 기부(930)의 개략도이다. 특히, 주연부(1090)는 원(1020)의 외측 원호(1010), 원(1022)의 외측 원호(1012), 원(1024)의 외측 원호(1011), 및 원(1026)의 외측 원호(1016)를 포함하고, 여기서 외측 원호(1010, 1012)들은 곡선형 필릿(1030)에 의해 연결되고, 외측 원호(1012, 1014)들은 곡선형 필릿(1032)에 의해 연결되고, 외측 원호(1014, 1016)들은 곡선형 필릿(1034)에 의해 연결되고, 외측 원호(1016, 1010)들은 곡선형 필릿(1036)에 의해 연결된다. 원(1010, 1012, 1014, 1016)들은 동일하고 접촉하는 원들의 정사각형 어레이를 형성하는데, 여기서 각각의 원은 반경 r_1을 갖는다.

[0019] 기부(930)는 대칭축(1040)을 포함한다. 미세구조체(920)의 측방향 단면은 회전되고, 반경 r_1은 기부(930)로부터 상부(940)까지 감소되어, 기부(930)로부터 상부(940)까지 나선형으로 되고 더 좁아지게 테이퍼 형성되는 미세구조체를 초래한다.

[0020] 동등하게, 노즐 구멍(920)은 구멍 입구(930), 구멍 출구(940), 및 구멍 입구로부터 구멍 출구까지 연장되는 벽(950)을 포함한다. 구멍(920)은 구멍 입구로부터 구멍 출구까지 회전되고 더 작아지는 측방향 단면을 갖는다.

[0021] 도 11은 대칭축(1040)을 갖는 구멍 입구(930) 및 대칭축(942)을 갖는 구멍 출구(940)를 도시하는 노즐 구멍(또는 미세구조체)(920)의 개략 평면도이다. 상부로부터 볼 때, 구멍(920)의 단면들의 대칭축들은 구멍 입구로부터 구멍 출구까지 반시계 방향으로 회전한다. 그러한 회전은 구멍의 높이 또는 두께를 따라 구멍 내에서 비틀림을 초래한다.

[0022] 다른 예로서, 도 12는 높이 k_1을 갖고, 구멍 입구(1230), 구멍 출구(1240), 및 구멍 입구로부터 구멍 출구까지 연장되는 벽(1250)을 포함하는 노즐 구멍(또는 미세구조체)(1220)의 개략 3차원 도면이다. 도 13은 2개의 밀접하게 패킹되거나 접촉하는 원들의 외측 원호들을 포함하는 주연부(1235)를 갖는 구멍 입구(1230)의 개략도인데,

여기서 외측 원호들은 곡선형 필릿들에 의해 연결된다. 특히, 주연부(1090)는 원(1280)의 외측 원호(1270) 및 원(1282)의 외측 원호(1272)를 포함하는데, 여기서 각각의 원은 반경 r_2를 갖고 외측 원호(1270, 1272)들은 곡선형 필릿(1290, 1292)들에 의해 연결된다.

[0023] 구멍 입구(1230)는 대칭축(1232)을 포함한다. 노즐 구멍(1220)의 측방향 단면이 회전되고, 반경 r_2는 구멍 입구(1230)로부터 구멍 출구(1240)까지 감소하여 구멍 입구(1230)로부터 구멍 출구(1240)까지 나선형으로 되고 더 좁아지게 테이퍼 형성되는 미세구조체를 초래한다. 특히, 상부(1240)는 x-방향을 따른 대칭축(1242)을 갖고, 높이 $k_2<k_1$에서의 구멍의 xy 단면(1264)은 대칭축(1242)에 대해 시계 방향으로 회전하는 대칭축(1265)을 갖고, 높이 $k_3<k_2$에서의 구멍의 xy 단면(1262)은 대칭축(1265)에 대해 시계 방향으로 회전하는 회전축(1263)을 갖고, 높이 $k_4<k_3$에서의 구멍의 xy 단면(1260)은 대칭축(1263)에 대해 시계 방향으로 회전하는 대칭축(1261)을 갖고, 구멍 입구(1230)는 대칭축(1261)에 대해 시계 방향으로 회전하는 y-축을 따른 대칭축(1232)을 갖는다. 따라서, 구멍(1220)은 구멍 출구(1240)로부터 구멍 입구(1230)까지 시계 방향으로 회전하는 xy 단면을 갖는다. 동등하게는, 구멍(1220)은 구멍 입구로부터 구멍 출구까지 반시계 방향으로 회전하는 xy 단면을 갖는다. 도 14는 구멍 출구(1242)와 x-축을 따른 그의 대칭축(1242), 단면(1264)과 그의 대칭축(1265), 단면(1262)과 그의 대칭축(1263), 단면(1260)과 그의 대칭축(1261), 및 구멍 입구(1230)와 y-축을 따른 그의 대칭축(1232)을 도시하는 노즐 구멍(1220)의 개략 평면도이다. 상부로부터 볼 때, 구멍의 측방향 단면들의 대칭축들은 구멍 출구로부터 구멍 입구까지 시계 방향으로 회전한다.

[0024] 동등하게는, 미세구조체(1220)는 기부(1230), 상부(1240), 및 상부에 기부를 연결하는 측부(1250)를 포함한다. 미세구조체(1220)는 기부로부터 상부까지 회전되고 더 작아지는 단면을 갖는다.

[0025] 도 2 내지 도 14에 도시된 바와 같이, 노즐로서 역할하는 본 명세서에 개시된 미세구조체는 모놀리식 구조체일 수 있다. 다시 말하면, 실제 노즐을 형성하는 미세구조체(220, 320, 420 등)는 공통의 단일 재료편으로부터 생성되어 최종적으로 이를 형성한다. 이는 다수의 상이한 부품들의 조합을 통해 형성되는 노즐과는 상이한 것으로서 이해될 수 있는데, 여기서 그러한 부품들은 가능성 있게는 상이한 재료들로 구성된다. 이와 관련하여, 전술된 도면들에 도시된 바와 같이, 본 명세서에 개시된 노즐은 모놀리식 구조체일 수 있다.

[0026] 일반적으로, 복수의 개시된 미세구조체 또는 구멍은 응용에서 바람직할 수 있는 임의의 배열을 가질 수 있다. 예를 들어, 일부 경우에, 개시된 구멍은 규칙적으로 또는 불규칙적으로 배열될 수 있다. 예를 들어, 도 15a는 구멍 또는 미세구조체(1510)들의 2차원 정사각형 어레이(1500)의 개략 평면도이고, 도 15b는 구멍 또는 미세구조체(1530)들의 2차원 6각형 어레이(1520)의 개략 평면도인데, 여기서 구멍 또는 미세구조체(1510, 1530)들은 본 명세서에 개시된 임의의 노즐 구멍 또는 미세구조체일 수 있다. 일부 경우에, 복수의 개시된 미세구조체 또는 구멍은 비평면 표면 상에 배열될 수 있다. 예를 들어, 도 16은 구면(1620) 상에 배치 또는 배열된 복수의 노즐 구멍 또는 미세구조체(1610)의 개략 3차원 도면이다.

[0027] 일부 경우에, 개시된 미세구조체 또는 구멍은 제조의 용이함 및/또는 국부 응력을 감소시키기 위하여 하나 이상의 필릿을 가질 수 있다. 예를 들어, 도 17은 기재(1710) 상에 배치되고, 기부(1730), 상부(1740), 및 상부에 기부를 연결하는 측부(1750)를 포함하는 미세구조체(1720)의 개략 측면도이다. 미세구조체(1720)는 측부(1750)와 상부(1740)를 매끄럽게 연결하는 필릿(1760, 1761) 및 측부(1750)와 기재(1710)의 상부 표면(1705)을 매끄럽게 연결하는 필릿(1770, 1771)을 포함한다.

[0028] 본 명세서에 개시된 노즐 구멍 및 미세구조체는 도 1a 내지 도 1m을 참고하여 개괄된 방법을 사용하여 제조될 수 있다. 이 방법은 다양한 개별 미세구조체들 및 구멍들을 단일 어레이로 제조하는 데 있어서 융통성 및 제어를 제공하고, 게다가 산업적으로 용인될 수 있는 제조 속도 또는 "처리량"을 유지하면서 바람직하게는 낮은 수준의 평균 표면 조도를 달성하는 데 사용될 수 있다.

[0029] 도 1a는 기재(110) 상에 배치된 제1 재료의 층(115)의 개략 측면도이다. 제1 재료는 다수의 광자를 동시에 흡수함으로써 다광자 반응을 받을 수 있다. 예를 들어, 일부 경우에, 제1 재료는 2개의 광자를 동시에 흡수함으로써 2-광자 반응을 받을 수 있다. 제1 재료는, 본 명세서에 참고로 모두 포함된, 2005년 12월 21일자로 출원되어 계류 중인 미국 출원 제11/313482호 "마이크로렌즈 어레이 및 마스터폼을 제조하는 공정(Process For Making Microlens Arrays And Masteroforms)"(대리인 관리번호 제60893US002호); 2007년 5월 17일자로 출원된 발명의 명칭이 "추출 구조체를 갖는 도광체를 제조하는 공정 및 그에 의해 제조된 도광체(Process For Making Light Guides With Extraction Structures And Light Guides Produced Thereby)"인 미국 특허 출원 공개 제2009/0175050호(대리인 관리번호 제62162US007호); 2008년 9월 9일자로 출원된 발명의 명칭이 "고기능성의 다광

자 경화성 반응성 화학종(Highly Functional Multiphoton Curable Reactive Species)"인 PCT 공개 WO 2009/048705호(대리인 관리번호 제63221WO003호)에 설명된 것과 같은, 2개의 광자와 같은 다광자 반응을 받을 수 있는 임의의 재료 또는 재료 시스템일 수 있다.

[0030] 일부 경우에, 제1 재료는 산- 또는 라디칼-개시된 화학 반응을 받을 수 있는 적어도 하나의 반응성 화학종 및 적어도 하나의 다광자 광개시제 시스템을 포함하는 광반응성 조성물일 수 있다. 광반응성 조성물에 사용하기에 적합한 반응성 화학종은 경화성 및 비경화성 화학종 둘 모두를 포함한다. 예시적인 경화성 화학종에는 첨가-중합성 단량체 및 올리고머 및 첨가-가교결합성 중합체(예를 들어, 아크릴레이트, 메타크릴레이트, 및 스티렌과 같은 소정의 비닐 화합물을 포함한 자유 라디칼 중합성 또는 가교결합성 에틸렌계 불포화 화학종)뿐만 아니라 양이온 중합성 단량체 및 올리고머 및 양이온 가교결합성 중합체(이들 화학종은 대부분 일반적으로 산-개시되며, 예를 들어, 에폭시, 비닐 에테르, 시아네이트 에스테르 등을 포함함) 등 및 이들의 혼합물이 포함된다. 예시적인 비경화성 화학종에는 산- 또는 라디칼-유도된 반응시에 용해도가 증가될 수 있는 반응성 중합체가 포함된다. 그러한 반응성 중합체에는, 예를 들어 광생성된 산에 의해서 수용성 산 기로 전환될 수 있는 에스테르 기를 함유하는 수 불용성 중합체(예를 들어, 폴리(4-tert-부톡시카르보닐옥시스티렌))가 포함된다. 비경화성 화학종에는 또한 화학적으로 증폭된 포토레지스트가 포함된다.

[0031] 다광자 광개시제 시스템은 제1 재료를 노광시키는 데 사용된 광의 집중된 빔의 초점 구역으로 중합이 한정 또는 제한될 수 있게 한다. 그러한 시스템은 바람직하게는 적어도 하나의 다광자 감광제, 적어도 하나의 광개시제(또는 전자 수용체), 및 선택적으로 적어도 하나의 전자 공여체를 포함하는 2성분 또는 3성분 시스템이다.

[0032] 제1 재료의 층(115)은 응용에서 바람직할 수 있는 임의의 코팅 방법을 사용하여 기재(110) 상에 코팅될 수 있다. 예를 들어, 제1 재료는 플러드 코팅(flood coating)에 의해 기재(110) 상에 코팅될 수 있다. 다른 예시적인 코팅 방법에는 나이프 코팅, 노치 코팅, 리버스 롤(reverse roll) 코팅, 그라비어(gravure) 코팅, 스프레이 코팅, 바(bar) 코팅, 스핀 코팅 및 딥(dip) 코팅이 포함된다.

[0033] 기재(110)는 특정 응용 및 이용될 노광 방법에 따라, 매우 다양한 필름, 시트 및 다른 표면(규소 웨이퍼 및 유리판을 포함함)으로부터 선택될 수 있다. 일부 경우에, 기재(110)는 제1 재료의 층(115)이 균일한 두께를 갖도록 충분히 평평하다. 일부 경우에, 층(115)은 벌크(bulk) 형태로 노출될 수 있다. 그러한 경우에, 기재(110)는 제조 공정으로부터 제외될 수 있다. 공정이 하나 이상의 전기 도금 단계를 포함하는 때와 같은 일부 경우에, 기재(110)는 전기 도전성 또는 반도전성일 수 있다.

[0034] 다음으로, 제1 재료는 노출된 구역에서 제1 재료에 의한 다수의 광자의 동시 흡수를 유발할 정도로 충분한 세기를 갖는 입사광에 선택적으로 노광된다. 노광은 충분한 세기를 갖는 광을 제공할 수 있는 임의의 방법에 의해 달성될 수 있다. 예시적인 노광 방법은 본 명세서에 참고로 포함된, 2007년 3월 23일자로 출원된 발명의 명칭이 "마이크로니들, 마이크로니들 어레이, 마스터, 및 복제 도구를 제조하는 방법(Process For Making Microneedles, Microneedle Arrays, Masters, And Replication Tools)"인 미국 특허 출원 공개 제2009/0099537호(대리인 관리번호 제61795US005호)에 기술되어 있다.

[0035] 도 18은 제1 재료의 층(115)을 노광하기 위한 예시적인 노광 시스템(1800)의 개략 측면도이다. 노광 시스템은 광(1830)을 방출하는 광원(1820) 및 1, 2 또는 3차원으로 이동할 수 있는 스테이지(1810)를 포함한다. 제1 재료(115)의 층으로 코팅된 기재(110)가 스테이지 상에 배치된다. 광학 시스템(1840)은 방출된 광(1830)을 제1 재료 내부의 초점 구역(1850)에 집중시킨다. 일부 경우에, 광학 시스템(1840)은 제1 재료에 의한 다수의 광자의 동시 흡수가 초점 구역(1850)에서만 또는 초점 구역 바로 근처에서만 일어나도록 설계된다. 다광자 반응을 받는 층(115)의 구역은 다광자 반응을 받지 않은 층(115)의 구역과 비교하여 적어도 하나의 용매에서 더 또는 덜 용해되게 된다.

[0036] 초점 구역(1850)은 광학 시스템(1840) 내에서 스테이지(1810) 및/또는 광(1830) 및/또는 하나 이상의 미러와 같은 하나 이상의 구성요소를 이동시킴으로써 제1 재료 내부에 3차원 패턴을 주사할 수 있다. 도 1a 및 도 18에 도시된 예시적인 공정에서, 층(115)은 평평한 기재(110) 상에 배치된다. 일반적으로, 기재(110)는 응용에서 바람직할 수 있는 임의의 형상을 가질 수 있다. 예를 들어, 일부 경우에, 기재(110)는 구 형상을 가질 수 있다.

[0037] 광원(1820)은 다광자 흡수를 수행하기에 충분한 광 세기를 생성할 수 있는 임의의 광원일 수 있다. 예시적인 광원은 약 300 nm 내지 약 1500 nm, 또는 약 400 nm 내지 약 1100 nm 또는 약 600 nm 내지 약 900 nm 또는 약 750 nm 내지 약 850 nm의 범위 내에서 작동하는, 펨토초(femtosecond) 레이저와 같은 레이저를 포함한다.

[0038] 광학 시스템(1840)은 예를 들어 굴절성 광학 요소(예를 들어, 렌즈 또는 마이크로렌즈 어레이), 반사성 광학 요

소(예를 들어, 재귀반사기 또는 집광 미러), 회절성 광학 요소(예를 들어, 회절 격자, 위상 마스크 및 홀로그램), 편광 광학 요소(예를 들어, 선형 편광기 및 파장판), 분산성 광학 요소(예를 들어, 프리즘 및 회절 격자), 확산기, 포켈스 셀(Pockels cell), 도파관 등을 포함할 수 있다. 그러한 광학 요소는 집광, 광선 반송, 광선/모드 형상화, 펄스 형상화 및 펄스 타이밍에 유용하다.

[0039] 노광 시스템(1800)에 의한 제1 재료의 층(115)의 선택적 노광 후에, 노광된 층은 용매 내에 위치되어 더 높은 용매 용해도의 구역을 용해시킨다. 노광된 제1 재료를 현상하는 데 사용될 수 있는 예시적인 용매는, 예를 들어, 물(예를 들어, 1 내지 12의 범위의 pH를 가짐)과 같은 수성 용매, 및 유기 용매(예를 들어, 메탄올, 에탄올, 프로판올, 아세톤, 아세토니트릴, 다이메틸포름아미드, N-메틸피롤리돈 등 및 이들의 혼합물)와 물의 혼화성 블렌드; 및 유기 용매를 포함한다. 예시적인 유용한 유기 용매는 알코올(예를 들어, 메탄올, 에탄올 및 프로판올), 케톤(예를 들어, 아세톤, 사이클로펜타논 및 메틸 에틸 케톤), 방향족 물질(예를 들어, 톨루엔), 할로카본(예를 들어, 메틸렌 클로라이드 및 클로로포름), 니트릴(예를 들어, 아세토니트릴), 에스테르(예를 들어, 에틸 아세테이트 및 프로필렌 글리콜 메틸 에테르 아세테이트), 에테르(예를 들어, 다이에틸 에테르 및 테트라하이드로푸란), 아미드(예를 들어, N-메틸피롤리돈) 등 및 이들의 혼합물을 포함한다. 도 1b는 다광자 공정을 사용하여 제1 재료에 형성된 제1 미세구조화 패턴(121)의 개략 측면도이다. 제1 미세구조화 패턴은 미체구조체(120)들의 제1 클러스터(122) 및 미세구조체(125)들의 제2 클러스터(124)를 포함하고, 여기서 미세구조체(120, 125)는 본 명세서에 개시된 임의의 미세구조체를 포함하는 임의의 미세구조체일 수 있다. 일부 경우에, 미세구조체(120, 125)는 상이한 구조를 갖는다. 일부 경우에, 미세구조체(120, 125)는 동일한 구조를 갖는다. 예시적인 제1 미세구조화 패턴(121)에서, 미세구조체(120, 125)는 높이 t_1을 갖는다.

[0040] 도 19 및 도 20은 본 명세서에 개시된 공정에 따라 제조된 미세구조체(120)들의 클러스터의 주사 전자 현미경 사진이다. 도 19 및 도 20의 미세구조체는 도 12에 도시된 미세구조체(1220)와 유사하다. 도 19에서, 미세구조체가 미세구조체의 기부의 단축을 따라 도시되어 있고, 도 20에서 미세구조체가 미세구조체의 기부의 장축을 따라 도시되어 있다.

[0041] 도 19(및 도 20)의 복수의 미세구조체는 최외측 원(1910)을 포함한 동심원들의 어레이 내에 배열된다. 미세구조체들은 최외측 원의 직경이 동심원들의 어레이 내의 각각의 원으로부터 적어도 하나의 개별 미세구조체를 포함하지는 않도록 배열된다. 예를 들어, 최외측 원(1910)의 직경(1920)은 미세구조체(1901 내지 1905)를 포함하지만 미세구조체(1930, 1931)를 포함하지 않는다. 도 19의 동심원들의 어레이 내의 각각의 원은 균등하게 이격된 개별 미세구조체들을 포함한다. 유사하게, 일부 경우에, 노즐은 최외측 원을 포함한 동심원들의 어레이 내에 배열된 복수의 구멍을 포함한다. 개별 노즐 구멍들은 최외측 원의 직경이 동심원들의 어레이 내의 각각의 원으로부터 적어도 하나의 개별 노즐 구멍을 포함하지는 않도록 배열된다. 일부 경우에, 동심원들의 어레이 내의 각각의 원은 균등하게 이격된 개별 노즐 구멍들을 포함한다.

[0042] 다음으로, 도 1c에 개략적으로 도시된 바와 같이, 제1 미세구조화 패턴(121)의 상부 표면(126)은 얇은 전기 도전성 시드(seed) 층(127)으로 상부 표면을 코팅함으로써 금속화되거나 전기 도전성으로 된다. 도전성 시드 층(127)은 응용에서 바람직한 임의의 전기 도전성 재료를 포함할 수 있다. 예시적인 도전성 재료는 은, 크롬, 금 및 티탄늄을 포함한다. 일부 경우에, 시드 층(127)은 약 50 nm 미만, 또는 약 40 nm 미만, 또는 약 30 nm 미만, 또는 약 20 nm 미만인 두께를 갖는다.

[0043] 다음으로, 도 1d에 개략적으로 도시된 바와 같이, 시드 층(127)은 제1 미세구조화 패턴(121)을 제2 재료로 전기 도금하여 제2 재료의 층(130)을 형성하는 데 사용된다. 일부 경우에, 제1 미세구조화 패턴(121)의 전기 도금은 층(130)의 최소 두께 t_2가 t_1보다 클 때까지 계속된다.

[0044] 전기 도금에 적합한 제2 재료는 은, 부동태화 은(passivated silver), 금, 로듐, 알루미늄, 향상된 반사율의 알루미늄, 구리, 인듐, 니켈, 크롬, 주석 및 이들의 합금을 포함한다.

[0045] 일부 경우에, 제2 재료의 층(130)은 불균일하거나 거친 상부 표면(132)을 갖는다. 그러한 경우에, 제2 재료의 층(130)은 폴리싱(polishing)되거나 연삭되어 도 1e에 개략적으로 도시된 바와 같이 두께 $t_3>t_1$을 갖는 제2 재료의 층(135)을 형성한다. 폴리싱 또는 연삭은 응용에 바람직할 수 있는 임의의 연삭 방법을 사용하여 달성될 수 있다. 예시적인 연삭 방법은 표면 연삭 및 기계적 밀링을 포함한다.

[0046] 일부 경우에, 제2 재료(130)의 층은 시드 층(127)을 갖는 제1 코팅 패턴(121) 없이 제1 미세구조화 패턴(121) 상에 직접 침착될 수 있다. 그러한 경우에, 층(130)은 예를 들어 스퍼터링 및 화학 증착을 포함한 임의의 적합

한 방법을 사용함으로써 패턴(121) 상에 코팅될 수 있다.

[0047] 다음으로, 기재(110) 및 제1 재료가 제거되어 도 1f에 개략적으로 도시된 제2 재료의 제1 주형(140)을 형성한다. 관찰의 용이성을 위해 그리고 일반성의 상실 없이, 시드 층(127)은 도 1f에서 도시되어 있지 않다. 일부 경우에, 기재(110) 및 패턴화된 제1 재료는 손에 의해서 층(135)으로부터 분리될 수 있다. 일부 경우에, 분리는 층(130)을 연삭하기 전에 수행될 수 있다.

[0048] 제1 주형(140)은 실질적으로 제1 미세구조화 패턴(121)의 네거티브 복제물인 제2 미세구조화 패턴(141)을 포함한다. 특히, 제2 재료의 제1 주형(140)은 미세구조체(145)들의 제1 클러스터(146) 및 미세구조체(148)들의 제2 클러스터(147)를 포함하고, 여기서 미세구조체(145)는 실질적으로 미세구조체(120)의 네거티브 복제물이고, 미세구조체(148)는 실질적으로 미세구조체(125)의 네거티브 복제물이다.

[0049] 다음으로, 제2 미세구조화 패턴은 도 1g에 개략적으로 도시된 바와 같이 매끄러운 상부 표면(157)을 갖는 기재(155)와 제2 재료의 제1 주형(140) 사이에 제3 재료를 침착시킴으로써 제1 및 제2 재료들과는 상이한 제3 재료 내에 복제된다. 복제 공정은 임의의 적절한 복제 방법을 사용함으로써 달성될 수 있다. 예를 들어, 일부 경우에, 복제는 사출 성형 공정을 사용함으로써 달성될 수 있다. 그러한 경우에, 용융된 제3 재료(150)가 기재(155)와 제1 주형(140) 사이에 도입되고, 융융된 제3 재료가 제2 미세구조화 패턴을 채운 후에 응고될 수 있다. 제3 재료(150)는 패턴을 복제할 수 있는 임의의 재료일 수 있다. 예시적인 제3 재료는 폴리카르보네이드 및 다른 열가소성 물질, 예를 들어 폴리스티렌, 아크릴, 스티렌 아크릴로니트릴, 폴리-메틸 메타크릴레이트(PMMA), 사이클로 올레핀 중합체, 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 폴리에틸렌 2,6-나프탈레이트 및 플루오로중합체를 포함한다.

[0050] 복제 공정 후에, 제2 재료의 제1 주형(140) 및 기재(155)가 제거되어, 실질적으로 제2 미세구조화 패턴(141)의 네거티브 복제물이고 실질적으로 제1 미세구조화 패턴(121)의 포지티브 복제물인 제3 미세구조화 패턴(161) 및 기재 부분(162)을 갖는 제3 재료의 제2 주형(160)을 형성한다. 제3 미세구조화 패턴(161)은 미세구조체(165)들의 제1 클러스터(168) 및 미세구조체(159)들의 제2 클러스터(169)를 포함하고, 여기서 미세구조체(165)는 실질적으로 미세구조체(145)의 네거티브 복제물이고 미세구조체(159)는 실질적으로 미세구조체(148)의 네거티브 복제물이다. 일부 경우에, 미세구조체(165)는 실질적으로 미세구조체(120)의 포지티브 복제물이고 미세구조체(159)는 실질적으로 미세구조체(125)의 포지티브 복제물이다. 도 21은 본 명세서에 개시된 공정에 따라 제조된 폴리카르보네이트 미세구조체(165)들의 클러스터의 주사 전자 현미경 사진이다.

[0051] 다음으로, 도 11에 개략적으로 도시된 바와 같이, 제3 미세구조화 패턴(161)의 상부 표면(154)은 시드 층(127)과 유사한 얇은 전기 도전성 시드 층(167)으로 상부 표면을 코팅함으로써 금속화되거나 전기 도전성으로 된다.

[0052] 다음으로, 도 1j에 개략적으로 도시된 바와 같이, 시드 층(167)은 제3 재료와는 상이한 제4 재료로 제3 미세구조화 패턴(161)을 전기 도금하여 제4 재료의 층(170)을 형성하는 데 사용된다. 일부 경우에, 제2 미세구조화 패턴(161)의 전기 도금은 층(130)의 최소 두께 t_5가 제2 주형(160)에서 미세구조체의 높이인 t_4보다 클 때까지 계속된다. 일부 경우에, 높이 t_4는 실질적으로 높이 t_1과 동일하다. 전기 도금에 적합한 제4 재료는 은, 부동태화 은, 금, 로듐, 알루미늄, 향상된 반사율의 알루미늄, 구리, 인듐, 니켈, 크롬, 주석 및 이들의 합금을 포함한다. 다른 실시 형태에서, 제4 재료는 제3 미세구조화 패턴 상에 침착된 세라믹일 수 있다. 그러한 세라믹 재료는, 예를 들어, 공동 소유되고 양도된 미국 특허 제5,453,104호에 기술된 졸-겔 공정에 의해서 또는 본 명세서에 참고로 전체적으로 각각 포함된 공동 소유되고 양도된 미국 특허 제6,572,693호, 제6,387,981호, 제6,899,948호, 제7,393,882호, 제7,297,374호, 및 제7,582,685호에 기술된 세라믹-충전된 또는 예비-세라믹(pre-ceramic) 중합체 조성물의 광경화에 의해서 형성될 수 있다. 그러한 세라믹 재료는 예를 들어 실리카; 지르코니아; 알루미나; 티타니아; 또는 이트륨, 스트론튬, 바륨, 하프늄, 니오븀, 탄탈륨, 텅스텐, 비스무트, 몰리브덴, 주석, 아연, 란탄 계열 원소(즉, 57부터 71까지를 포함한 범위의 원자 번호를 갖는 원소), 세륨, 및 이들의 조합의 산화물을 포함할 수 있다.

[0053] 다음으로, 층(170)의 상부 표면(172)은 미세구조체(165)의 상부(171) 및 미세구조체(159)의 상부(173)가 노출될 때까지 연삭된다. 일부 경우에, 제3 재료는 제4 재료보다 더 부드럽다. 예를 들어, 일부 경우에, 제3 재료는 폴리카르보네이트이고 제4 재료는 니켈 합금이다. 그러한 경우에, 상부(171, 173)의 작은 부분이 연삭 공정 동안 제거되어, 제3 미세구조화 패턴(161) 내의 모든 미세구조체의 상부가 노출되는 것을 보장할 수 있다. 그러한 경우에, 연삭은, 도 1k에 개략적으로 도시된 바와 같이, 제4 재료의 층(175)이 제3 미세구조화 패턴을 평탄화시키게 하고 제3 미세구조화 패턴 내의 복수의 미세구조체에서 미세구조체의 상부(185)를 노출시키게 한다.

제4 재료의 층(175)은 미세구조체(180)의 상부(184) 및 미세구조체(181)의 상부(186)와 실질적으로 같은 높이인 상부 표면(177)을 갖는다. 미세구조체는 t_4보다 약간 작을 수 있는 높이 t_6를 갖는다.

[0054] 다음으로, 제2 주형(160)이 제거되어, 제3 미세구조화 패턴(161) 내의 복수의 미세구조체에 대응하는 복수의 구멍(106)을 포함하는 제4 재료의 층(190)을 형성한다. 특히, 제4 재료의 층(190)은 구멍(195)들의 제1 클러스터(192) 및 구멍(198)들의 제2 클러스터(193)를 포함한다. 일부 경우에, 구멍(195)은 미세구조체(120)의 실질적인 복제물이고 구멍(198)은 미세구조체(125)의 실질적인 복제물이다. 구멍(195)은 구멍 입구(182) 및 구멍 출구(183)를 포함하고, 구멍(198)은 구멍 입구(196) 및 구멍 출구(197)를 포함한다.

[0055] 도 22 및 도 23은 본 명세서에 개시된 공정에 따라 만들어진 구멍(195)들의 클러스터(192)의 각각의 구멍 입구(182)들 및 구멍 출구(183)들의 광학 현미경 사진이다. 도 25는 구멍 입구측에서 본 구멍(195)들 중 하나의 구멍의 주사 전자 현미경 사진이다. 구멍은 구멍 입구(2510) 및 구멍 입구보다 작은 구멍 출구(2520)를 갖는다. 현미경 사진은 구멍에서의 테이퍼 및 비틀림을 명확하게 예시하고 있다.

[0056] 일부 경우에, 2개의 클러스터(192, 193)는 방향(199)을 따라 분리되어, 도 1m에 개략적으로 도시된 바와 같이, 부분(102) 및 별개의 그리고 일부 경우에는 실질적으로 동일한 부분(103)을 형성하는데, 여기서 각각의 부분은 스프레이 노즐 및/또는 연료 분사기에 사용될 수 있다.

[0057] 도 24는 노즐(2400)의 개략 측면도인데, 노즐은 중공 내부(2410) 및 노즐의 외부(2430)로부터 중공 내부를 분리하는 벽(2405)을 포함한다. 노즐은 노즐의 외부(2430)에 중공 내부(2410)를 연결하는 구멍(2420)과 같은 적어도 하나의 구멍을 추가로 포함한다. 구멍은 중공 내부로부터 외부로 기체 또는 액체를 전달한다. 구멍(2420)은 본 명세서에 개시된 임의의 구멍일 수 있다. 구멍(2420)은 벽(2405)의 내측 표면(2406)에서의 구멍 입구(2440) 및 벽(2405)의 외측 표면(2407)에서의 구멍 출구(2445)를 포함한다. 구멍 입구(2440)는 또한 노즐의 중공 내부(2410)에 있고, 구멍 출구(2445)는 노즐의 외부(2430)에 있다.

[0058] 일부 경우에, 구멍 입구(2440)는 제1 형상을 갖고, 구멍 출구(2445)는 제1 형상과는 상이한 제2 형상을 갖는다. 예를 들어, 일부 경우에, 제1 형상은 타원 형상이고, 제2 형상은 원형 형상이다. 다른 예로서, 일부 경우에, 제1 형상은 레이스트랙 형상일 수 있고, 제2 형상은 원형 형상일 수 있다. 다른 예로서, 일부 경우에, 제2 형상은 원 또는 타원일 수 있고, 제1 형상의 주연부는 복수의 밀접하게 패킹된 원들의 외측 원호들을 포함할 수 있고, 여기서 외측 원호들은 곡선형 필릿들에 의해 서로 연결된다.

[0059] 일부 경우에, 제1 형상은 실질적으로 제2 형상과 동일할 수 있지만, 이들은 다른 배율 또는 크기를 가질 수 있다. 예를 들어, 제1 형상은 반경 a_1을 갖는 원일 수 있고, 제2 형상이 또한 원이지만 a_1과는 상이한 반경 a_2를 갖는 원일 수 있다.

[0060] 일부 경우에, 구멍(2420)은 구멍 입구(2440)로부터 구멍 출구(2445)까지 회전하는 측방향 단면을 갖는데, 여기서 측방향 단면은 예를 들어 구멍 내부에서의 액체 또는 기체의 전반적인 유동 방향에 실질적으로 직각인 단면을 말한다. 일부 경우에, 단면은 구멍 입구로부터 구멍 출구까지 증가하는 회전율을 갖는다. 일부 경우에, 단면은 구멍 입구로부터 구멍 출구까지 감소하는 회전율을 갖는다. 일부 경우에, 단면은 구멍 입구로부터 구멍 출구까지 일정한 회전율을 갖는다.

[0061] 본 발명의 미세구조체, 구멍, 층, 구조물 및 방법의 이점들 중 일부가 하기의 실시예에서 추가로 예시된다. 실시예에서 언급되는 구체적인 재료, 양 및 치수뿐만 아니라 다른 조건 및 상세 사항은 본 발명을 부당하게 제한하는 것으로 해석되어서는 안된다. 달리 나타내지 않는다면, 모든 화학적 절차를 건조 및 탈산소화된 용매 및 시약에 의해 건조한 질소 분위기 하에서 수행하였다. 달리 나타내지 않는다면, 모든 용매 및 시약을 미국 위스콘신주 밀워키 소재의 알드리치 케미칼 컴퍼니(Aldrich Chemical Co.)로부터 입수하였거나 입수할 수 있다.

[0062] 로다민(Rhodamine) B 헥사플루오로안티모네이트를 소듐 헥사플루오로안티모네이트에 의한 로다민 B 클로라이드의 치환에 의해 제조하였다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, SR368은 트리스-(2-하이드록시에틸)아이소시아누레이트 트라이아크릴레이트(미국 펜실베이니아주 엑스톤 소재의 사토머 컴퍼니, 인크.(Sartomer Co. Inc.)로부터 입수됨)를 말하고; SR9008은 3작용성 아크릴레이트 에스테르(사토머로부터 입수됨)를 말하며; SR1012는 다이아릴요오도늄 헥사플루오로안티모네이트(사토머로부터 입수됨)를 말하고; SU-8 R2150은 에폭시 네거티브 포토레지스트(미국 매사추세츠주 뉴톤 소재의 마이크로켐 코포레이션(MicroChem Corp.)으로부터 입수됨)를 말하며; THF는 테트라하이드로푸란을 말하고; 렉산(LEXAN) HPS1R은 열가소성 폴리카르보네이트(미국 매사추세츠주 피츠필드 소재의 사빅 이노베이티브 플라스틱스(Sabic Innovative Plastics)로부터 입수됨)를 말하며; 인코 S-

라운즈(Inco S-Rounds)는 니켈(미국 뉴저지주 새들 브룩 소재의 베일 인코 아메리카스, 인크.(Vale Inco America's, Inc.)로부터 입수됨)을 말한다.

[0063] 실시예 1

[0064] 직경이 10.2 cm인 원형 규소 웨이퍼(도 1a의 기재(110))를 미국 플로리다주 웨스트 팜 비치 소재의 웨이퍼 월드, 인크.(Wafer World, Inc.)로부터 입수하였다. Si 웨이퍼를 농축 황산 및 30 중량%의 수성 과산화수소의 체적 기준 3:1의 혼합물에서 대략 10분 동안 담가 세정하였다. 그리고 나서, 웨이퍼를 탈이온수로 그리고 이어서 아이소프로판올로 헹구었고, 이후에 공기 스트림 하에서 건조시켰다. 그리고 나서, 아세트산을 사용해 산성(4 내지 pH 5의 pH)으로 된 190-프루프(proof) 에탄올 중 3-(트라이메톡시실릴)프로필 메타크릴레이트의 2 중량% 용액 내로 웨이퍼를 침지시켰다. 그리고 나서, 웨이퍼를 무수 에탄올로 헹구었고, 이어서 10분 동안 130℃에서 오븐에서 가열하였다.

[0065] 수평균 분자량이 대략 120,000인 폴리(메틸 메타크릴레이트), SR9008 및 SR368을 30:35:35의 중량비로 배합하여, 충분한 1,2-다이클로로에탄 중에 용해된 단량체 혼합물을 생성하여 54 중량%의 단량체 혼합물인 용액을 제공하였다. 그리고 나서, 이 용액에, 고형물의 총 중량을 기준으로 0.5 중량%의 로다민 B 헥사플루오로안티모네이트 및 1.0 중량%의 SR1012인 코팅 용액을 제공하기에 충분한, THF 중 감광제 로다민 B 헥사플루오로안티모네이트 및 THF 중 SR1012의 농축 용액의 분취물을 첨가하였다. 이 코팅 용액을 1-마이크로미터 시린지 필터(syringe filter)를 통해 여과시켰고 규소 웨이퍼 상으로 스핀-코팅하였다. 코팅된 웨이퍼를 18시간 동안 60℃에서 강제식 공기 오븐 내에 배치하여 대략 300 ㎛의 두께를 갖는 실질적으로 용매가 없는(이하, "건조") 코팅(도 1a에서의 제1 재료의 층(115))을 갖는 코팅된 규소 웨이퍼를 제공하였다.

[0066] 80 fs의 공칭 펄스 폭, 80 MHz의 펄스 반복률, 및 대략 1 W의 평균 출력을 갖는 800 nm에서 작동되는 다이오드-펌핑형(diode-pumpled) Ti:사파이어 레이저(미국 캘리포니아주 마운틴 뷰 소재의 스펙트라-피직스(Spectra-Physics)로부터 입수됨)를 사용하여 건조 코팅의 2광자 중합을 수행하였다. 코팅된 웨이퍼를 컴퓨터-제어식 3축 스테이지(미국 펜실베이니아주 피츠버그 소재의 에어로테크, 인크.(Aerotech, Inc.)로부터 입수됨) 상에 배치하였다. 레이저 빔을 중성 밀도 필터(neutral density filter)에 의해 약화시켰고, x-, y- 및 z-축 제어를 위한 텔레스코프를 갖는 갈보스캐너(galvoscanner)(미국 뉴햄프셔주 윈드햄 소재의 너트필드 테크놀로지, 인크.(Nutfield Technology, Inc.)로부터 입수가능함)를 사용하여 건조 코팅 내로 집중시켰다. 0.400 mm의 작동 거리 및 4.0 mm의 초점 길이를 갖는 니콘 CFI 플랜 아크로매트(Plan Achromat) 50X 오일 대물렌즈 N.A. 0.90을 건조 코팅의 표면 상으로 직접 적용하였다. 평균 출력을 파장-보정식 광다이오드(미국 매사추세츠주 윌밍톤 소재의 오빌 옵트로닉스, 리미티드(Ophir Optronics, Ltd.)로부터 입수됨)를 사용하여 대물 렌즈의 출력에서 측정하였고 대략 8 mW인 것으로 측정되었다.

[0067] 노광 주사가 완료된 후에, 노광된 건조 코팅을 마이크로켐 SU-8 용매 내에서 현상하고 헹구며 건조시켜 제1 미세구조화 패턴(121)을 형성하였다(도 1b).

[0068] 제1 미세구조화 패턴의 표면을, 패턴의 표면 상에 은(Ag)의 얇은 층(약 100 옹스트롬)을 스퍼터링함으로써 도전성으로 만들었다. 그리고 나서, 금속화된 전방 표면을 대략 2 mm 두께가 될 때까지 인코 S-라운즈(니켈)로 전기 도금하였다. 그리고 나서, 전기 도금된 니켈 슬러그를 제1 패턴으로부터 분리하고 연삭 및 기계가공하여, 제2 미세구조화 패턴(141)을 갖는 제1 주형(140)을 형성하였다(도 1f).

[0069] 그리고 나서, 단축(single screw) 플라스틱 사출 성형 시스템 내에 배치한 사출 다이 주형 내로 제1 주형을 배치하여 주형 공동 내로 열가소성 폴리카르보네이트(렉산 HPS1R)를 주입하여, 제3 미세구조화 패턴(161)을 갖는 제2 주형(160)을 형성하였다(도 1h).

[0070] 그리고 나서, 제2 주형의 전방 표면을 약 100 옹스트롬의 은으로 표면을 스퍼터링함으로써 금속화하였다. 그리고 나서, 금속화된 제2 주형을 제3 미세구조화 패턴을 완전히 덮도록 인코 S-라운즈(니켈)로 전기 도금하여 니켈 층(170)을 형성하였다(도 1j).

[0071] 니켈 층 및 제2 주형의 조합된 구조물을 탈이온수로 헹군 후에, 니켈 층의 전방 표면(172)(도 1j)을 평평한 방식으로 연삭하여 제3 미세구조화 패턴의 상부(171)로부터 니켈 재료를 제거하였다.

[0072] 연삭을 완료한 후에(모든 미세구조체 상부들이 노출된 후에), 전기 도금된 니켈 층을 폴리카르보네이트 주형(160)으로부터 분리하여, 원형 6각 패킹 배열로 배열된 37개 관통 구멍을 갖는 대략 8 mm 직경 및 대략 160 um 두께의 니켈 디스크를 형성하였다. 이웃하는 구멍들 사이의 분리는 대략 200 ㎛였다. 각각의 구멍은 레이스트랙의 선형 부분을 따라 필릿들에 의해 수정된 레이스트랙의 형상인 구멍 입구를 가졌다. 레이스트랙은 약 80

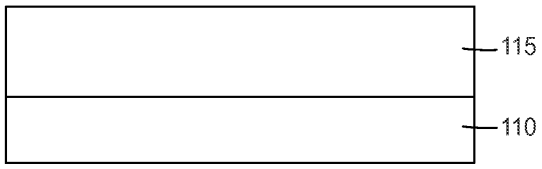
㎛의 주 직경 및 약 50 ㎛의 부 직경을 가졌다. 각각의 구멍은 약 50 ㎛의 주 직경 및 약 35 ㎛의 부 직경을 갖는 더 작은 레이스트랙의 형상인 구멍 출구를 가졌다. 구멍 출구측에서 보면, 구멍들의 단면의 주 직경들은 구멍 출구로부터 구멍 입구까지 구멍 출구 아래의 매 50 ㎛의 깊이에 대해 약 30도만큼 시계 방향으로 회전하였다.

[0073] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "수직", "수평", "위", "아래", "좌측", "우측", "상부" 및 "하부", "시계 방향" 및 "반시계 방향", 기타 유사한 용어와 같은 용어는 도면에 나타낸 바와 같은 상대적 위치를 말한다. 일반적으로, 물리적인 실시 형태는 상이한 배향을 가질 수 있으며, 그 경우에 이 용어들은 장치의 실제 배향에 맞추어 수정되는 상대적인 위치를 지칭하도록 의도된다. 예를 들어, 도 1b의 이미지가 도면에서의 배향에 비해 뒤집혀 있을지라도, 표면(126)이 여전히 상부 표면인 것으로 간주된다.

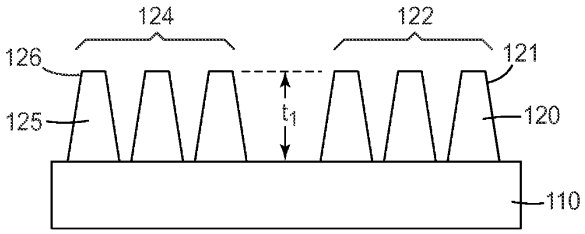
[0074] 상기 언급된 모든 특허, 특허 출원 및 다른 공보는 완전하게 제연된 것처럼 본 문헌에 참고로 포함된다. 본 발명의 다양한 태양의 설명을 용이하게 하기 위해 본 발명의 특정 예들이 상기에 상세하게 기술되었지만, 예들의 상세 사항으로 본 발명을 제한하고자 하는 것이 아님을 이해하여야 한다. 오히려, 첨부된 특허청구범위에 의해 한정되는 본 발명의 사상 및 범주 내에 속하는 모든 수정, 실시 형태 및 대안을 포함하고자 한다.

도면

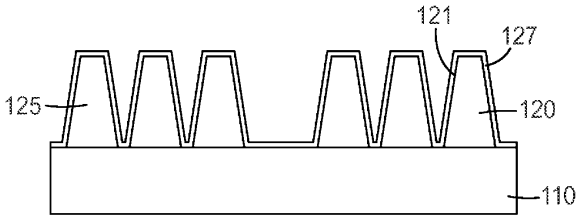
도면1a



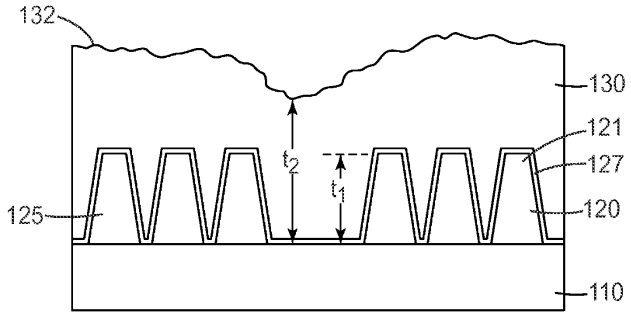
도면1b



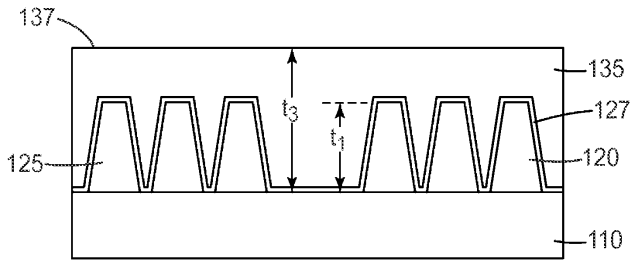
도면1c



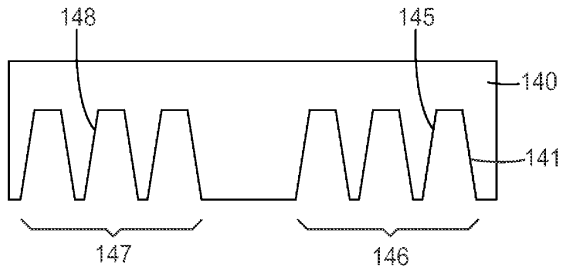
도면1d



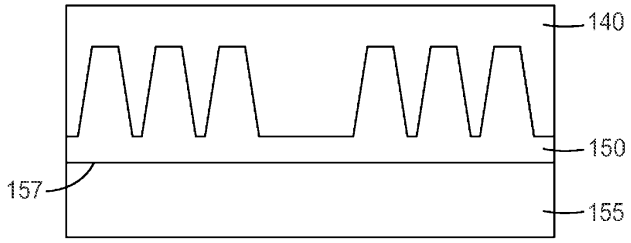
도면1e



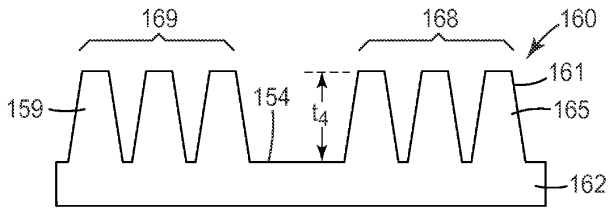
도면1f



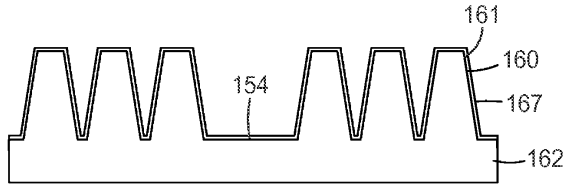
도면1g



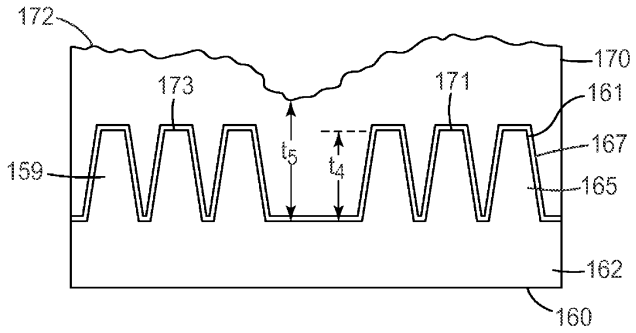
도면1h



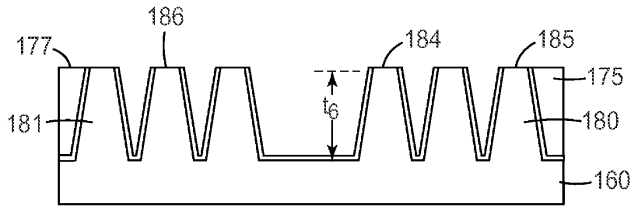
도면1i



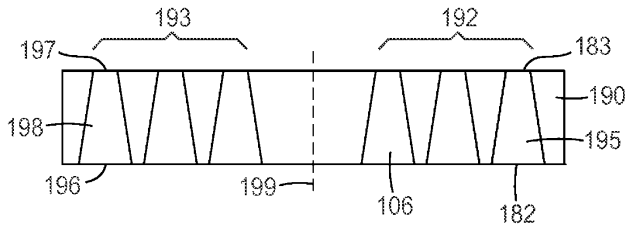
도면1j



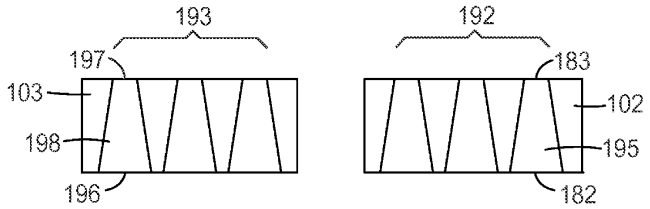
도면1k



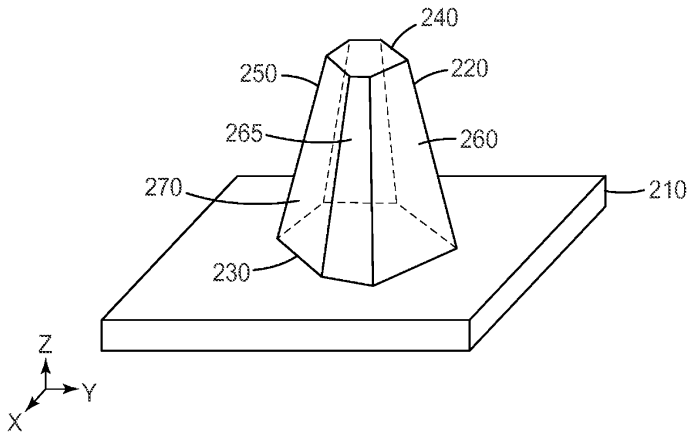
도면1l



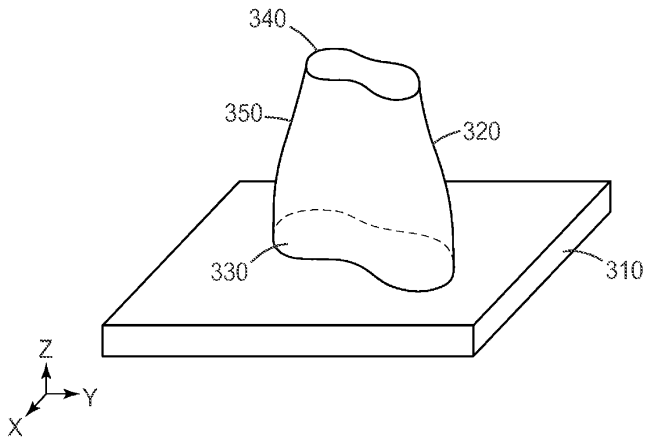
도면1m


193
192
197
183
103
102
198
195
196
182

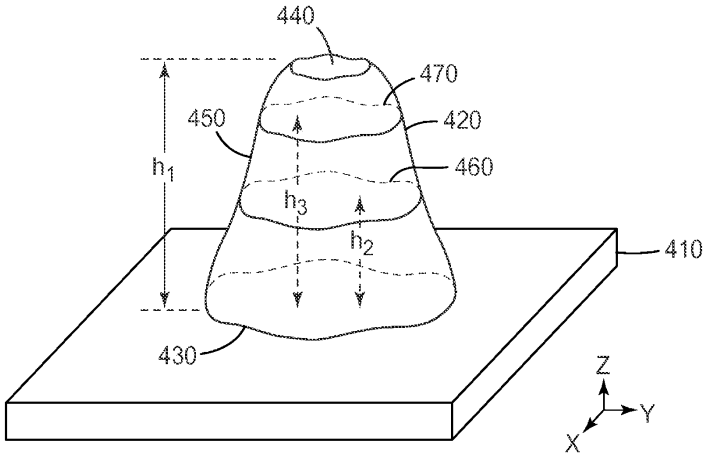
도면2


240
250
220
265
260
270
210
230
Z
Y
X

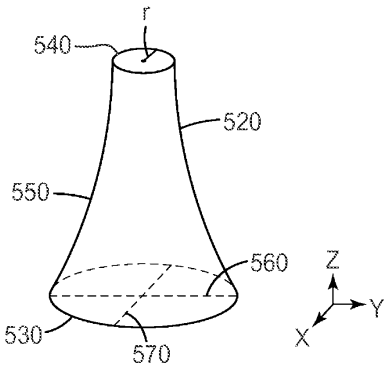
도면3


340
350
320
330
310
Z
Y
X

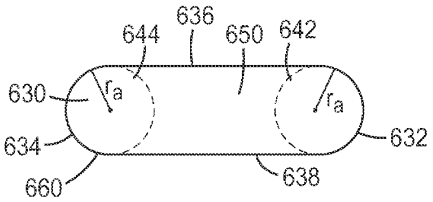
도면4


440
470
450
420
460
h_1
h_3
h_2
410
430
Z
Y
X

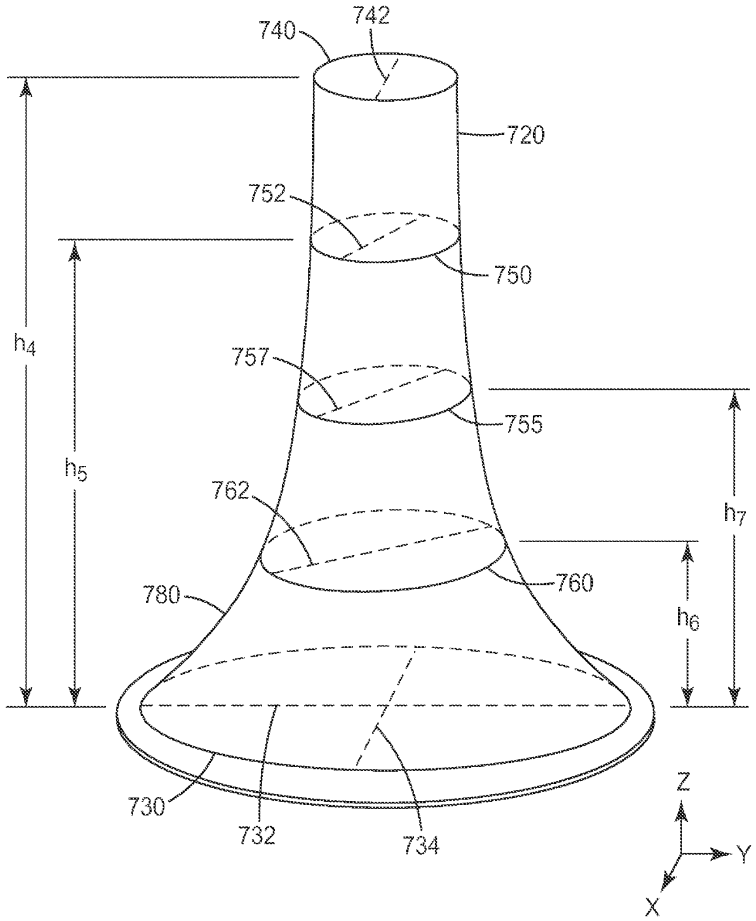
도면5


r
540
520
550
560
530
570
Z
Y
X

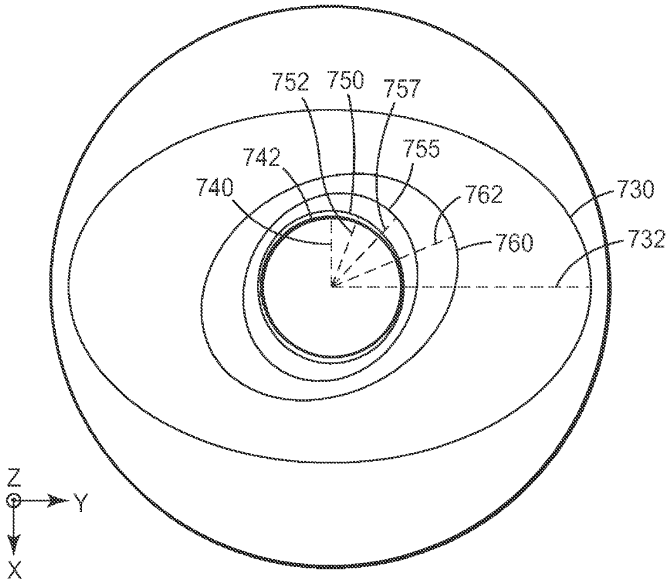
도면6


636
644
650
642
630
r_a
r_a
632
634
660
638

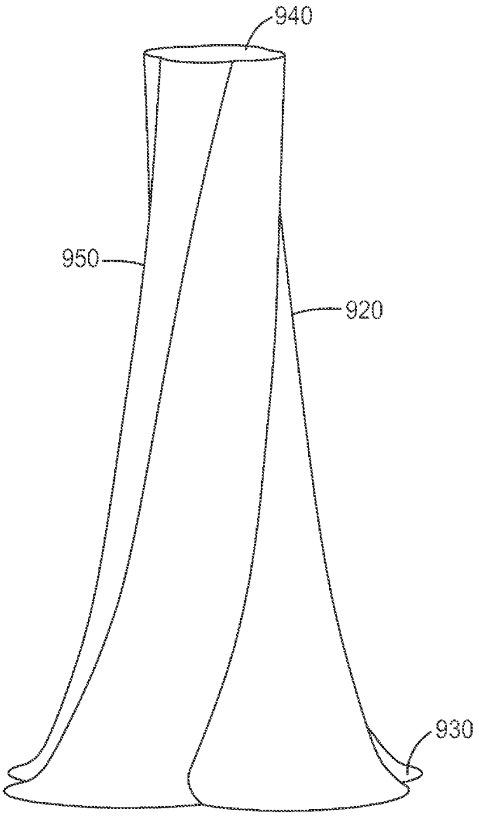
도면7


740
742
720
752
750
757
755
762
760
780
730
732
734
h4
h5
h6
h7
Z
Y
X

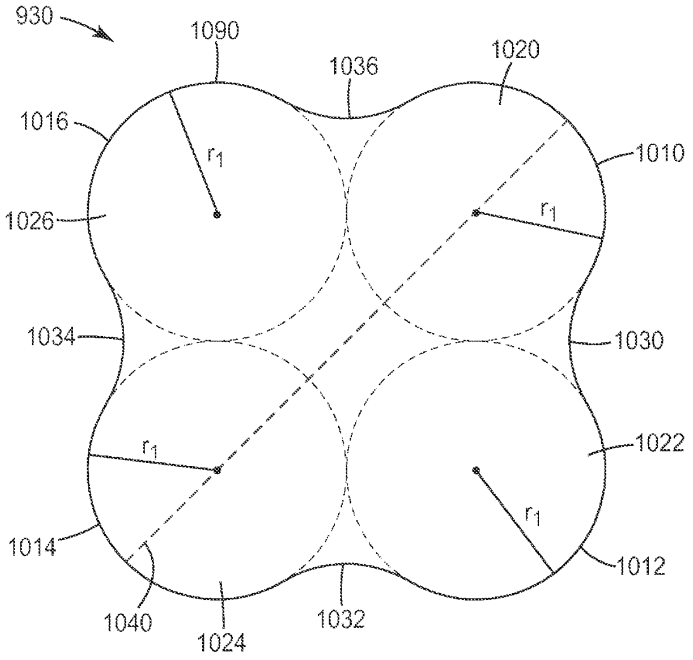
도면8


752
750
757
755
742
740
762
730
760
732
Z
Y
X

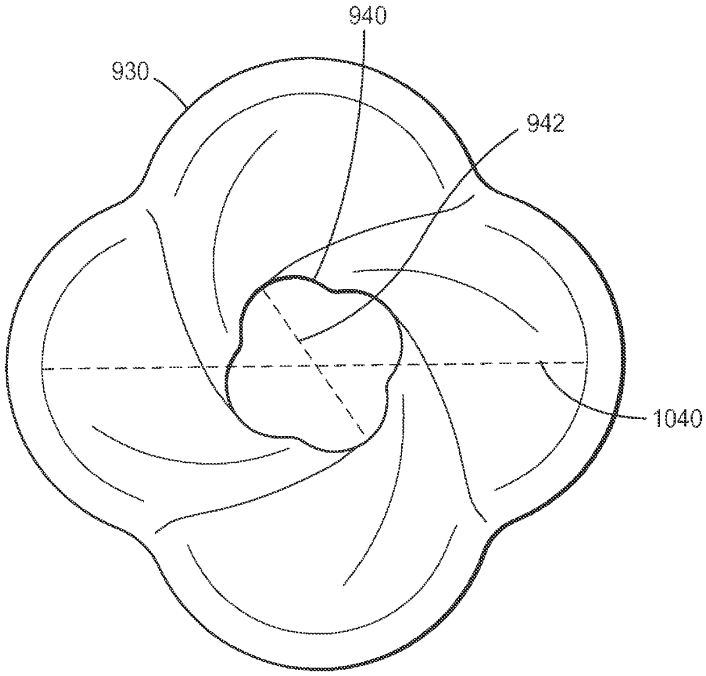
도면9


940
950
920
930

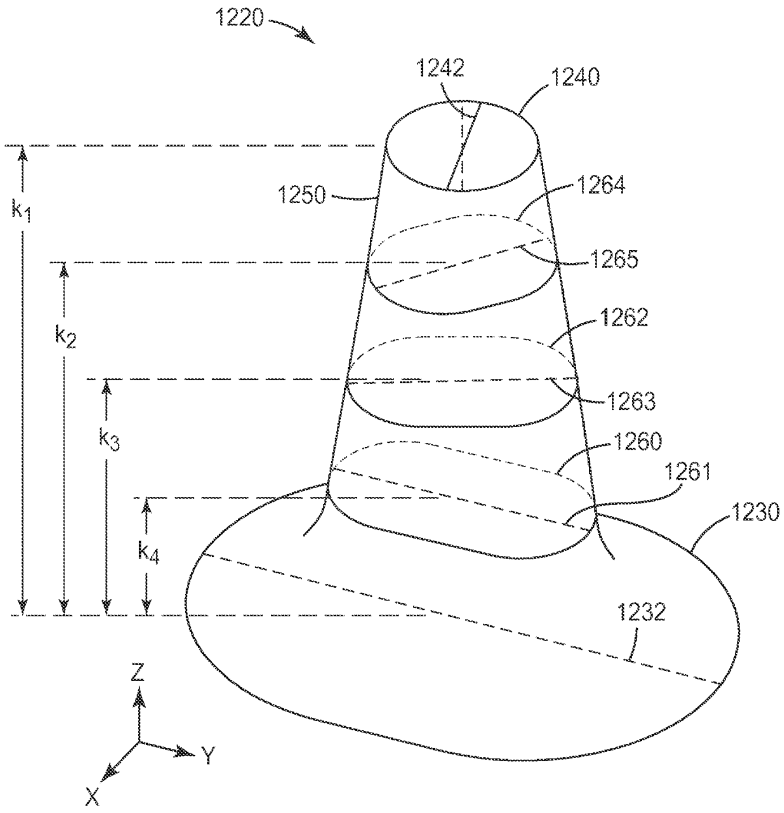
도면10


930
1090
1036
1020
1016
1010
1026
1034
1030
1022
1014
1012
1040
1024
1032
r1
r1
r1
r1

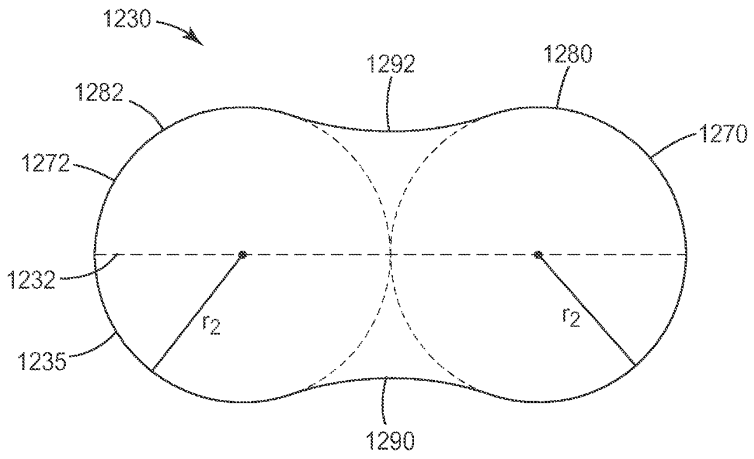
도면11


940
930
942
1040

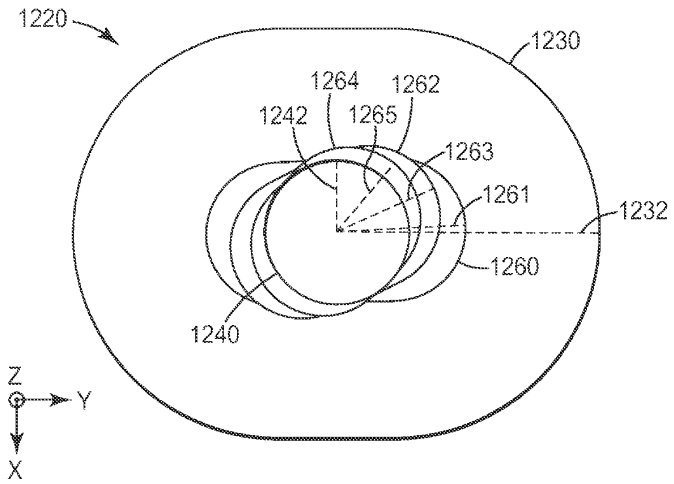
도면12


1220
1242
1240
1250
1264
1265
1262
1263
1260
1261
1230
1232
k1
k2
k3
k4
Z
Y
X

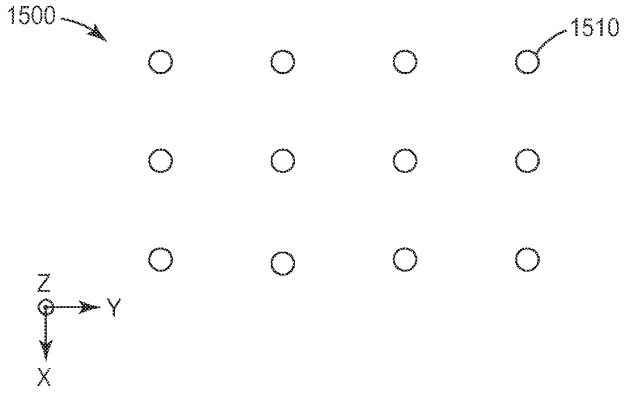
도면13



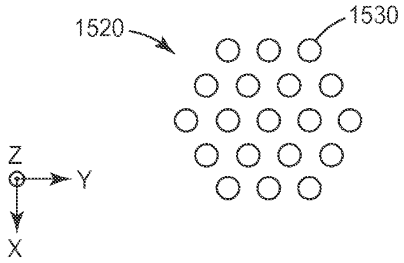
도면14



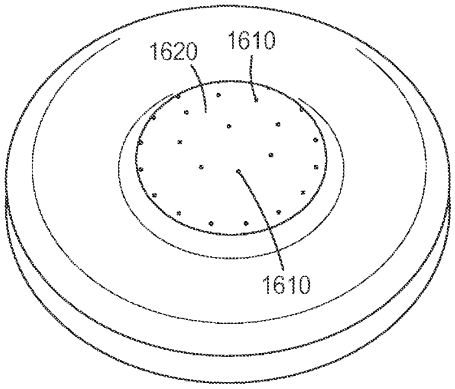
도면15a



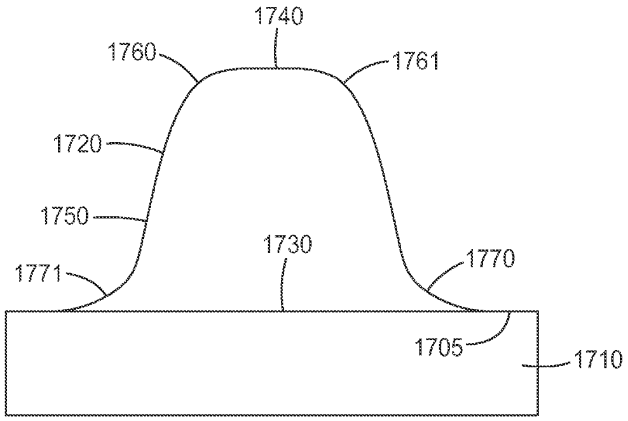
도면15b



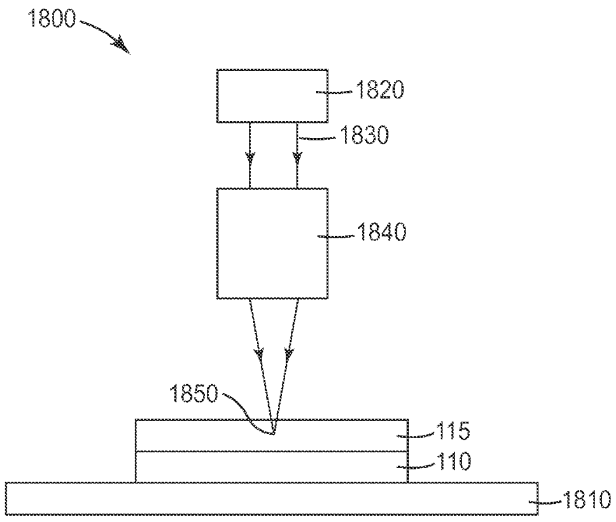
도면16



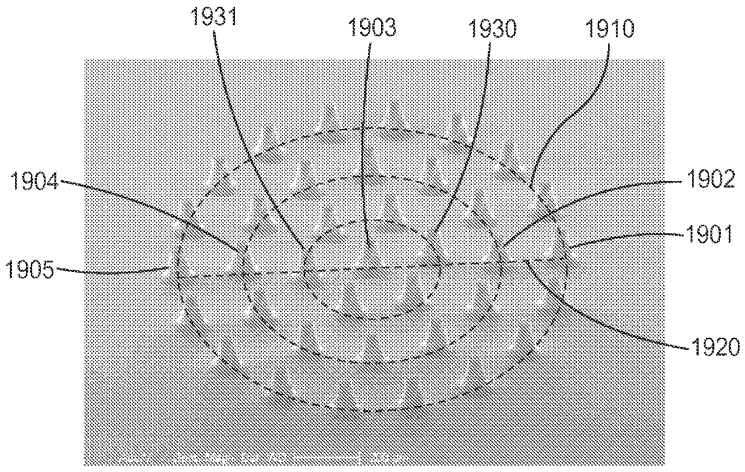
도면17



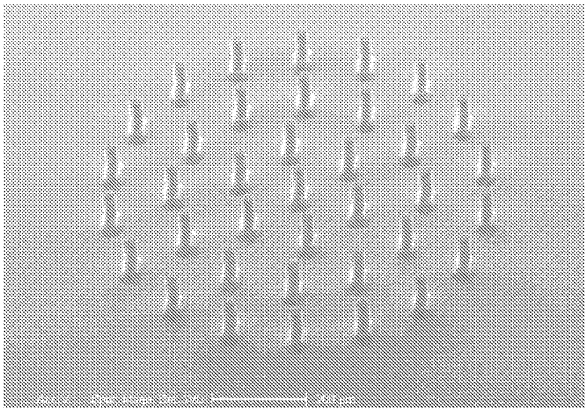
도면18



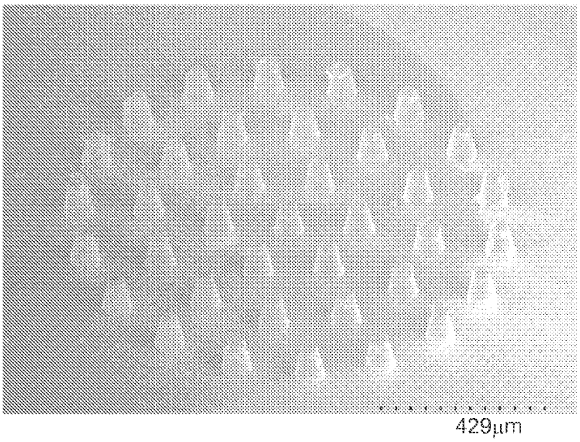
도면19



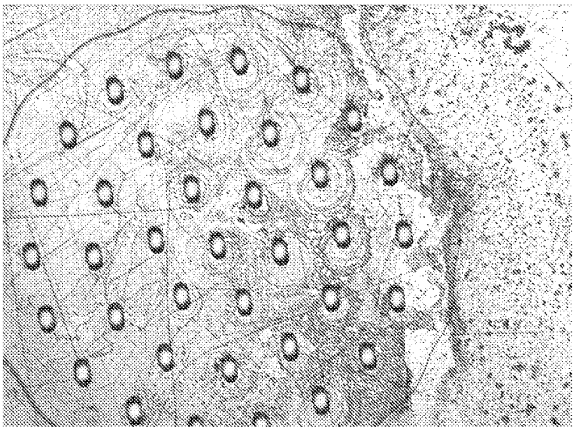
도면20



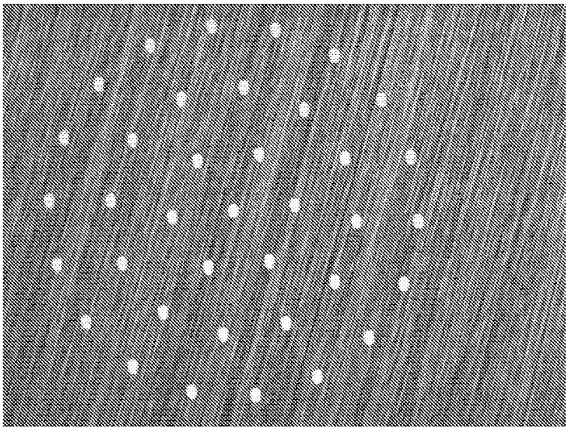
도면21



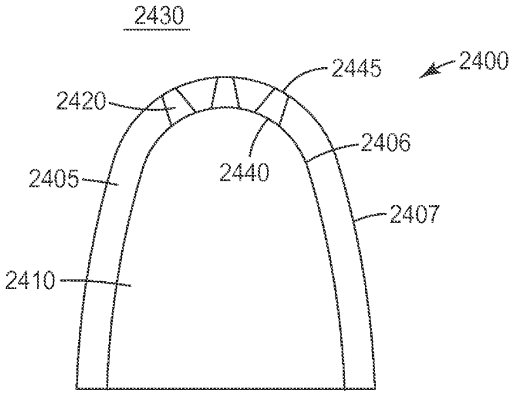
도면22



도면23



도면24



도면25

