



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0145211
(43) 공개일자 2023년10월17일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 B24D 18/00 (2006.01) B24B 37/22 (2012.01)
 B24B 37/24 (2012.01) B24B 37/26 (2012.01)
 B33Y 10/00 (2015.01) B33Y 80/00 (2015.01)
- (52) CPC특허분류
 B24D 18/0045 (2013.01)
 B24B 37/22 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7033070(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2016년10월06일
 심사청구일자 2023년09월25일
- (62) 원출원 특허 10-2018-7013466
 원출원일자(국제) 2016년10월06일
 심사청구일자 2021년08월10일
- (85) 번역문제출일자 2023년09월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2016/055793
- (87) 국제공개번호 WO 2017/066077
 국제공개일자 2017년04월20일
- (30) 우선권주장
 14/885,950 2015년10월16일 미국(US)
 (뒷면에 계속)

- (71) 출원인
 어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
 미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애
 브뉴 3050
- (72) 발명자
 가나파티아판, 시바파키아
 미국 94022 캘리포니아주 로스 알토스 이스트 포
 톨라 애비뉴 161
 푸, 보이
 미국 95131 캘리포니아주 산 호세 맥케이 드라이
 브 1164
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
 양영준, 백만기

전체 청구항 수 : 총 20 항

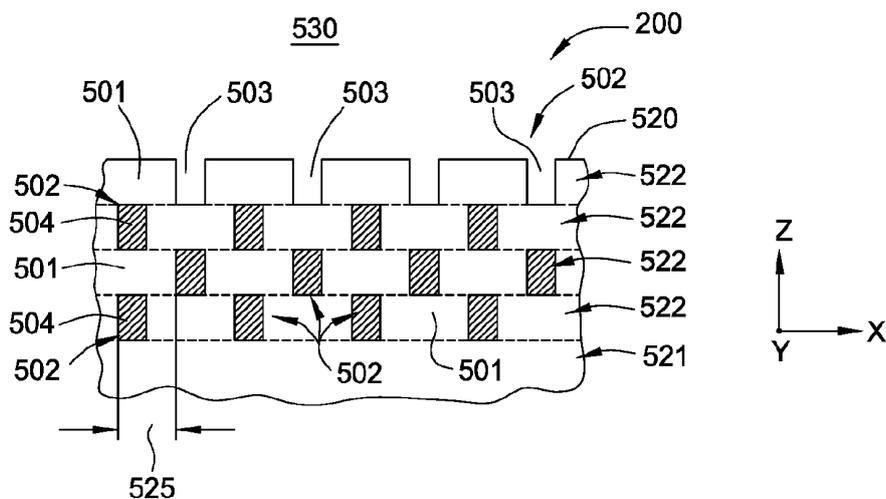
(54) 발명의 명칭 적층 적층 제조 프로세스를 이용하여 진보된 연마 패드를 형성하기 위한 방법 및 장치

(57) 요약

본 개시내용의 실시예들은 튜닝가능한 화학, 재료 및 구조 속성들을 갖는 진보된 연마 패드들, 및 이를 제조하는 새로운 방법들에 관한 것이다. 본 개시내용의 하나 이상의 실시예에 따르면, 개선된 속성들을 갖는 연마 패드가 3차원(3D) 프린팅 프로세스와 같은 적층 제조 프로세스에 의해 제조될 수 있는 것으로 발견되었다. 따라서, 본

(뒷면에 계속)

대표도 - 도5b



개시내용의 실시예들은, 관능성 폴리머, 관능성 올리고머, 반응성 희석제, 첨가 폴리머 프리커서 화합물, 촉매, 및 경화제를 포함하는 적어도 2가지 상이한 재료로 형성된 불연속 피쳐들 및 기하형상들을 갖는 진보된 연마 패드를 제공할 수 있다. 예를 들어, 진보된 연마 패드는, 적어도 하나의 폴리머 프리커서 조성물의 자동화된 순차적인 퇴적과, 그에 후속하는 적어도 하나의 경화 단계에 의해, 복수의 폴리머 층들로 형성될 수 있고, 여기서 각각의 층은 적어도 하나의 폴리머 조성물, 및/또는 상이한 조성물들의 영역들을 나타낼 수 있다. 본 개시내용의 실시예들은 상호침투하는 폴리머 네트워크들일 수 있는 폴리머 층들을 갖는 연마 패드를 추가로 제공한다.

(52) CPC특허분류

B24B 37/24 (2013.01)

B24B 37/26 (2013.01)

B33Y 10/00 (2013.01)

B33Y 80/00 (2013.01)

(72) 발명자

초칼린감, 아쉬원

미국 95134 캘리포니아주 산 호세 크레센트 빌리지 서클 320

레드필드, 다니엘

미국 95037 캘리포니아주 모간 힐 켈리 파크 서클 1445

바자즈, 라지브

미국 94539 캘리포니아주 프레몬트 스카이 로드 43651

오릴랄, 마헨드라 씨.

미국 95050 캘리포니아주 산타 클라라 시빅 센터 드라이브 넘버 602 1700

웅, 호우 티.

미국 95008 캘리포니아주 캠벨 키이스 드라이브 4068

퐁, 제이슨 지.

미국 95050 캘리포니아주 산타 클라라 에이피티. 43 로얄 드라이브 2050

야마무라, 마유

미국 94070-2131 캘리포니아주 산 카를로스 시다 스트리트 593

(30) 우선권주장

14/887,240 2015년10월19일 미국(US)

14/920,801 2015년10월22일 미국(US)

62/280,537 2016년01월19일 미국(US)

15/002,384 2016년01월20일 미국(US)

62/304,134 2016년03월04일 미국(US)

62/323,599 2016년04월15일 미국(US)

62/331,234 2016년05월03일 미국(US)

62/339,807 2016년05월21일 미국(US)

62/380,015 2016년08월26일 미국(US)

62/380,334 2016년08월26일 미국(US)

명세서

청구범위

청구항 1

연마 패드를 형성하는 방법으로서,

다공성 형성제의 액적들 및 폴리머 프리커서 제제의 액적들을 미리 결정된 액적 분배 패턴에 따라 표면 상에 분배하는 단계; 및

구조 재료의 층을 형성하기 위해 상기 폴리머 프리커서 제제의 상기 분배된 액적들을 적어도 부분적으로 중합하는 단계

를 순차적으로 반복하는 것을 포함하고,

상기 다공성 형성제의 상기 분배된 액적들은 복수의 다공성 형성제 함유 피쳐들을 형성하고,

상기 복수의 다공성 형성제 함유 피쳐들은 상기 연마 패드의 지지 표면에 평행한 X-Y 평면에 걸쳐 분포되고,

적어도 상기 구조 재료의 층의 부분들은 개개의 상기 다공성 형성제 함유 피쳐들 사이에 개재되는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 폴리머 프리커서 제제는 제1 수지 프리커서 성분, 제2 수지 프리커서 성분, 및 제1 경화제로부터 형성되는 프리커서 재료를 포함하는, 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 다공성 형성제의 액적들 및 상기 폴리머 프리커서 제제의 액적들을 분배하는 단계의 제1 반복은 상기 프리커서 재료로부터 형성된 제1 영역들을 포함하는 구조 재료의 제1 층을 형성하고, 상기 구조 재료의 제1 층의 제1 영역들은 상기 표면 상에, 그리고 인접하게 위치한 다공성 형성제 함유 피쳐들 사이에 배치되고;

상기 다공성 형성제의 액적들 및 상기 폴리머 프리커서 제제의 액적들을 분배하는 단계의 제2 반복은 상기 프리커서 재료로부터 형성된 제2 영역들을 포함하는 구조 재료의 제2 층을 형성하고, 상기 구조 재료의 제2 층의 제2 영역들은 상기 구조 재료의 제1 층의 상기 표면 상에, 그리고 인접하게 위치한 다공성 형성제 함유 피쳐들 사이에 배치되는, 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 제1 수지 프리커서 성분은 다관능성 아크릴레이트 올리고머를 포함하고, 상기 제2 수지 프리커서 성분은 일관능성 아크릴레이트 모노머, 다관능성 아크릴레이트 모노머, 또는 이들의 조합으로부터 선택되는, 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 다공성 형성제 함유 피쳐들은 수용액에 노출될 때 분해되는 다공성 형성제 재료를 포함하는, 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 폴리머 프리커서 제제는 2 이상의 관능기를 갖는 지방족 다관능성 우레탄 아크릴레이트를 포함하는, 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 폴리머 프리커서 제제를 적어도 부분적으로 중합하는 단계는 상기 폴리머 프리커서 제제를 전자기 복사에 노출시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 구조 재료의 하나의 층 내의 개개의 상기 다공성 형성제 함유 피쳐들은 그에 인접하여 배치된 구조 재료의 다른 층 내의 개개의 상기 다공성 형성제 함유 피쳐들과 정렬되어 있지 않은, 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 다공성 형성제는 수용성 글리콜 성분을 포함하는, 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 폴리머 프리커서 제제는 모노머 및 올리고머를 약 3:1 내지 약 1:3의 중량 비율로 포함하는, 방법.

청구항 11

연마 패드로서, 상기 연마 패드는

다공성 형성제의 액적들 및 폴리머 프리커서 제제의 액적들을 미리 결정된 액적 분배 패턴에 따라 표면 상에 분배하는 단계; 및

구조 재료의 층을 형성하기 위해 폴리머 프리커서 제제의 상기 분배된 액적들을 적어도 부분적으로 중합하는 단계를

를 순차적으로 반복하는 것에 의해 형성되고,

상기 다공성 형성제의 상기 분배된 액적들은 복수의 다공성 형성제 함유 피쳐들을 형성하고,

상기 복수의 다공성 형성제 함유 피쳐들은 상기 연마 패드의 지지 표면에 평행한 X-Y 평면에 걸쳐 분포되고,

적어도 상기 구조 재료의 층의 부분들은 개개의 상기 다공성 형성제 함유 피쳐들 사이에 개재되는, 연마 패드.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 폴리머 프리커서 제제는 제1 수지 프리커서 성분, 제2 수지 프리커서 성분, 및 제1 경화제로부터 형성되는 프리커서 재료를 포함하는, 연마 패드.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 다공성 형성제의 액적들 및 상기 폴리머 프리커서 제제의 액적들을 분배하는 단계의 제1 반복은 상기 프리커서 재료로부터 형성된 제1 영역들을 포함하는 구조 재료의 제1 층을 형성하고, 상기 구조 재료의 제1 층의 제1 영역들은 상기 표면 상에, 그리고 인접하게 위치한 다공성 형성제 함유 피쳐들 사이에 배치되고;

상기 다공성 형성제의 액적들 및 상기 폴리머 프리커서 제제의 액적들을 분배하는 단계의 제2 반복은 상기 프리커서 재료로부터 형성된 제2 영역들을 포함하는 구조 재료의 제2 층을 형성하고, 상기 구조 재료의 제2 층의 제2 영역들은 상기 구조 재료의 제1 층의 상기 표면 상에, 그리고 인접하게 위치한 다공성 형성제 함유 피쳐들 사이에 배치되는, 연마 패드.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 제1 수지 프리커서 성분은 다관능성 아크릴레이트 올리고머를 포함하고, 상기 제2 수지 프리커서 성분은 일관능성 아크릴레이트 모노머, 다관능성 아크릴레이트 모노머, 또는 이들의 조합으로부터 선택되는, 연마 패드.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 다공성 형성제 함유 피쳐들은 수용액에 노출될 때 분해되는 다공성 형성제 재료를 포함하는, 연마 패드.

청구항 16

제11항에 있어서, 상기 폴리머 프리커서 제제는 2 이상의 관능기를 갖는 지방족 다관능성 우레탄 아크릴레이트를 포함하는, 연마 패드.

청구항 17

제11항에 있어서, 상기 폴리머 프리커서 제제를 적어도 부분적으로 중합하는 단계는 상기 폴리머 프리커서 제제를 전자기 복사에 노출시키는 단계를 포함하는, 연마 패드.

청구항 18

제11항에 있어서, 구조 재료의 하나의 층 내의 개개의 상기 다공성 형성제 함유 피쳐들은 그에 인접하여 배치된 구조 재료의 다른 층 내의 개개의 상기 다공성 형성제 함유 피쳐들과 정렬되어 있지 않은, 연마 패드.

청구항 19

제11항에 있어서, 상기 다공성 형성제는 수용성 글리콜 성분을 포함하는, 연마 패드.

청구항 20

제11항에 있어서, 상기 폴리머 프리커서 제제는 모노머 및 올리고머를 약 3:1 내지 약 1:3의 중량 비율로 포함하는, 연마 패드.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 명세서에 개시된 실시예들은 일반적으로 연마 제품들(polishing articles), 및 연마 프로세스들에서 이용되는 연마 제품들을 제조하기 위한 방법들에 관한 것이다. 더 구체적으로는, 본 명세서에 개시된 실시예들은 튜닝가능한 성능(tunable performance)을 포함하여 개선된 연마 패드 속성들 및 성능을 산출하는 프로세스들에 의해 제조되는 연마 패드들에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 화학적 기계적 연마(CMP: chemical mechanical polishing)는 기관들의 표면들을 평탄화하기 위해 다수의 상이한 산업계들에서 이용되어온 종래의 프로세스이다. 반도체 산업계에서, 디바이스 피쳐 크기들이 계속하여 감소함에 따라, 연마 및 평탄화의 균일성은 점점 더 중요해져 왔다. CMP 프로세스 동안, 실리콘 웨이퍼와 같은 기관은 디바이스 표면을 회전하는 연마 패드에 맞닿아 위치시킨 채로 캐리어 헤드 상에 장착된다. 캐리어 헤드는 연마 패드에 대하여 디바이스 표면을 푸시하기 위해 기관 상에 제어가능한 로드를 제공한다. 전형적으로, 연마재 입자들(abrasive particles)을 갖는 슬러리와 같은 연마 액체(polishing liquid)가 이동하는 연마 패드 및 연마 헤드의 표면에 공급된다. 연마 패드 및 연마 헤드는 기관에 기계적 에너지를 인가하는 한편, 패드는 또한 연마 프로세스 동안 기관과 상호작용하는 슬러리의 이송을 제어하는 데에 도움이 된다. 연마 패드들은 전형적으로 점탄성 폴리머 재료(viscoelastic polymeric materials)로 이루어지기 때문에, 연마 패드의 기계적 속성들(예를 들어, 탄성, 반발(rebound), 경도(hardness), 및 강성도(stiffness)), 및 CMP 처리 조건들은 IC 다이 레벨(마이크로스코픽(microscopic)/나노스코픽(nanoscopic)) 및 웨이퍼 또는 전역적 레벨(매크로스코픽(macroscopic)) 둘 다에서 CMP 연마 성능에 상당한 영향을 미친다. 예를 들어, 처리 동안의 패드 압축, 패드 반발, 마찰, 및 온도 변화와 같은 CMP 프로세스의 힘들 및 조건들과, 연마 수성 슬러리 화학물질들(abrasive aqueous slurry chemistries)은 연마 패드 속성들에 영향을 미칠 것이고, 따라서 CMP 성능에도 영향을 미칠 것이다.

[0003] 연마 시스템에서 수행되는 화학적 기계적 연마 프로세스들은 전형적으로 전체 연마 프로세스의 상이한 부분들을 수행하는 다수의 연마 패드를 포함할 것이다. 연마 시스템은 제1 플래튼 상에 배치된 제1 연마 패드를 전형적으로 포함하고, 이는 기관의 표면 상의 제1 표면 마감(surface finish) 및 제1 평탄도(flatness)와 제1 재료 제거율을 만들어낸다. 제1 연마 단계는 전형적으로 거친 연마 단계(rough polish step)로서 공지되어 있고, 일반적으로 높은 연마율에서 수행된다. 시스템은 또한 적어도 하나의 추가 플래튼 상에 배치된 적어도 하나의 추가 연마 패드를 전형적으로 포함할 것이고, 이는 기관의 표면 상의 제2 표면 마감 및 평탄도와 제2 재료 제거율을 만들어낸다. 전형적으로, 제2 연마 단계는 일반적으로 거친 연마 단계보다 느린 레이트에서 수행되는 미세한 연마 단계로서 공지되어 있다. 일부 구성에서, 시스템은 제3 플래튼 상에 배치된 제3 연마 패드를 또한 포함할

수 있고, 이는 기관의 표면 상의 제3 표면 마감 및 평탄도와, 제3 제거율을 만들어낸다. 제3 연마 단계는 전형적으로 재료 클리어링(material clearing), 또는 버핑(buffing) 단계로서 공지되어 있다. 다수의 패드 연마 프로세스는 다단계 프로세스에서 이용될 수 있는데, 여기서 패드들은 상이한 연마 특성들을 갖고 기관들은 점진적으로 더 미세해지는 연마를 겪거나, 연마 특성들은 연마 동안 만나게 되는 상이한 층들, 예를 들어 산화물 표면 아래의 금속 라인들을 보상하도록 조정된다.

[0004] CMP 처리 단계들 각각 동안, 연마 패드는 압축 및 반발 사이클들, 가열 및 냉각 사이클들, 및 연마제 슬러리 화학물질들에 노출된다. 결국, 연마 패드는 특정 개수의 기관을 연마한 후에 마모되거나 "글레이징"되고 (glazed), 그러면 교체되거나 리컨디셔닝될(reconditioned) 필요가 있다.

[0005] 종래의 연마 패드는 전형적으로 폴리우레탄 재료들을 포함하는 폴리머 재료들을 성형, 캐스팅 또는 소결함으로써 제조된다. 성형의 경우에, 연마 패드들은 예를 들어 사출 성형에 의해 한번에 하나씩 제조될 수 있다. 캐스팅의 경우에, 액체 프리커서가 캐스팅되어 케이크로 경화되는데, 이 케이크는 후속하여 개별적인 패드 조각들로 슬라이딩된다. 그 후, 이러한 패드 조각들은 최종 두께로 기계가공될 수 있다. 슬러리 이송을 돕는 홈들을 포함하는 패드 표면 피쳐들이 사출 성형 프로세스의 일부로서 형성되거나 또는 연마 표면 내로 기계가공될 수 있다. 이러한 연마 패드들을 제조하는 방법들은 고비용이 소요되며 시간 소모적이고, 종종 패드 표면 피쳐 치수들의 생성 및 제어에서의 어려움들로 인해 불균일한 연마 결과들을 산출한다. IC 다이들 및 피쳐들의 치수들이 계속해서 축소함에 따라, 불균일성은 점점 더 중요해져 왔다.

[0006] 현재의 패드 재료들 및 이들을 제조하는 방법들은 패드 성능에 있어서 중대한 역할을 하는 저장 탄성률(storage modulus)(E') 및 손실 탄성률(loss modulus)(E'')과 같은 조작 및 미세 제어 벌크 패드 속성들을 제한한다. 그러므로, 균일한 CMP는, 예를 들어 약 30°C 내지 약 90°C의 CMP 처리 온도 범위에 걸쳐 추가로 유지되는 저장 탄성률 E' 및 손실 탄성률 E''의 예측가능하고 미세하게 제어되는 밸런스를 갖는 패드 재료 및 표면 피쳐들, 예컨대 홈들 및 채널들을 요구한다. 불행하게도, 전통적인 벌크 중합 및 캐스팅 및 성형 기술들을 통한 종래의 패드 제조는 약간의 패드 속성(예를 들어, 탄성률) 제어를 제공할 뿐인데, 왜냐하면 패드는 분자내 척력과 인력 및 가변적인 폴리머 사슬 얽힘(variable polymer chain entanglement)을 겪는 상 분리된 거대분자 도메인들(phase separated macromolecular domains)의 랜덤 혼합물이기 때문이다. 예를 들어, 벌크 패드에서의 상 분리된 마이크로스코픽 및 매크로스코픽 구조 도메인들의 존재는, 기관들의 배치들(batches)의 CMP 처리 동안 전형적으로 발생하는 다수의 가열 및 냉각 사이클에 걸친 저장 탄성률 E'에서의 히스테리시스와 같은 비선형 재료 응답들의 가산적 조합(additive combination)을 산출할 수 있고, 이는 기관들의 배치에 걸쳐 연마 불균일성들 및 예측불가능한 성능을 초래할 수 있다.

[0007] 종래의 연마 패드들 및 그들의 제조 방법들과 연관된 결점들 때문에, 패드 피쳐 기하형상의 제어, 및 패드의 재료, 화학적 및 물리적 속성들의 미세 제어를 제공하는 새로운 연마 패드 재료들, 및 연마 패드들을 제조하는 새로운 방법들이 필요하다. 이러한 개선들은 마이크로스코픽 레벨 및 매크로스코픽 레벨 둘 다에서, 예컨대 전체 기관에 걸쳐, 개선된 연마 균일성을 산출할 것으로 예상된다.

발명의 내용

[0008] 본 개시내용의 실시예들은 복수의 순차적으로 형성된 층들을 포함하는 제1 연마 요소를 포함하는 연마 제품을 제공할 수 있다. 순차적으로 형성된 층들은 제1 층을 포함할 수 있고 제1 층은 제1 층이 형성되는 표면 상에 배치되는 다공성 형성제 함유 영역들의 제1 패턴, 및 제1 구조 재료 함유 영역을 포함하고, 상기 제1 구조 재료 함유 영역은 상기 표면 상에 그리고 상기 제1 패턴의 인접하게 위치한 다공성 형성제 함유 영역들 사이에 배치된다. 상기 순차적으로 형성된 층들은 또한 상기 제1 층의 표면 상에 배치되는 제2 층을 포함할 수 있고, 상기 제2 층은 상기 제1 층의 표면 상에 배치되는 다공성 형성제 함유 영역들의 제2 패턴, 및 제2 구조 재료 함유 영역을 포함하고, 상기 제2 구조 재료 함유 영역은 상기 제1 층의 표면 상에 그리고 상기 제2 패턴의 인접하게 위치한 다공성 형성제 함유 영역들 사이에 배치된다. 다공성 형성제 함유 영역들의 상기 제1 패턴 및 상기 제2 패턴은 각각 수용액에 노출될 때 분해되는 다공성 형성제 재료를 추가로 포함할 수 있고, 상기 다공성 형성제 재료는 아크릴레이트를 추가로 포함할 수 있다.

[0009] 본 개시내용의 실시예들은 복수의 폴리머 층들을 순차적으로 형성하는 단계를 포함하는 연마 제품을 형성하는 방법을 추가로 제공할 수 있다. 상기 방법은 상기 연마 제품의 복수의 제1 연마 요소들의 제1 층을 형성하는 단계를 포함할 수 있고, 상기 제1 층을 형성하는 단계는 제1 층이 형성되는 표면 상에 다공성 형성제 함유 영역들의 제1 패턴을 형성하는 단계, 및 제1 구조 재료 함유 영역을 형성하는 단계를 포함하고, 상기 제1 구조 재료 함유 영역은 상기 표면 상에 그리고 상기 제1 패턴의 인접하게 위치한 다공성 형성제 함유 영역들 사이에 배치

된다. 그 후 상기 복수의 제1 연마 요소들의 제2 층을 형성하는 단계를 포함할 수 있고, 상기 제2 층을 형성하는 단계는 상기 제1 층의 표면 상에 배치되고, 상기 제1 층의 표면 상에 다공성 형성제 함유 영역들의 제2 패턴을 형성하는 단계, 및 제2 구조 재료 함유 영역을 형성하는 단계를 포함하고, 상기 제2 구조 재료 함유 영역은 상기 제1 층의 표면 상에 그리고 상기 제2 패턴의 인접하게 위치한 다공성 형성제 함유 영역들 사이에 배치된다.

[0010] 본 개시내용의 실시예들은 기관의 표면을 연마하도록 구성되는 연마 표면을 갖는 연마 패드를 제공할 수 있는데, 이 연마 패드는 복수의 제1 폴리머 층들을 각각 포함하는 복수의 제1 연마 요소들 - 상기 복수의 제1 폴리머 층들 중 적어도 하나가 상기 연마 표면을 형성함 -; 및 복수의 제2 폴리머 층들을 각각 포함하는 하나 이상의 제2 연마 요소를 포함하고, 상기 하나 이상의 제2 연마 요소 각각의 적어도 하나의 영역이 상기 복수의 제1 연마 요소들 중 적어도 하나와 상기 연마 패드의 지지 표면 사이에 배치된다. 일부 구성에서, 상기 복수의 제1 폴리머 층들은 제1 폴리머 조성물을 포함하고, 상기 복수의 제2 폴리머 층들은 제2 폴리머 조성물을 포함한다. 상기 제1 폴리머 조성물은 제1 액적 조성물(droplet composition)로 형성될 수 있고, 상기 제2 폴리머 조성물은 제2 액적 조성물로 형성될 수 있다. 일부 실시예에서, 상기 제2 액적 조성물은 상기 제1 액적 조성물보다 더 많은 양의 수지 프리커서 조성물 재료(resin precursor composition material)를 포함할 수 있고, 상기 수지 프리커서 조성물 재료는 약 40°C 이하, 예컨대 30°C 이하의 유리 전이 온도(glass transition temperature)를 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 상기 제1 액적 조성물은 상기 제2 액적 조성물보다 더 많은 양의 올리고머 및 수지 프리커서 조성물 재료를 포함하고, 상기 올리고머 및 수지 프리커서 조성물 재료는 2 이상의 관능기(functionality)를 갖는다. 일부 실시예에서, 상기 제1 액적 조성물은 2 이상의 관능기를 갖는 올리고머 및 수지 프리커서 조성물 재료를 포함하고, 상기 제2 액적 조성물은 2 이하의 관능기를 갖는 수지 프리커서 조성물 재료를 포함한다.

[0011] 본 개시내용의 실시예들은 기관의 표면을 연마하도록 구성되는 연마 표면을 갖는 연마 패드를 추가로 제공할 수 있는데, 이 연마 패드는 제1 폴리머 재료를 포함하는 복수의 제1 폴리머 층들을 각각 포함하는 복수의 제1 연마 요소들 - 상기 복수의 제1 폴리머 층들 중 적어도 하나가 상기 연마 표면을 형성함 -; 및 상기 복수의 제1 연마 요소들 중 적어도 하나와 상기 연마 패드의 지지 표면 사이에 배치되는 베이스 영역을 포함하고, 상기 베이스 영역은, 제1 수지 프리커서 조성물 재료의 복수의 경화된 액적들(cured droplets) 및 제2 수지 프리커서 조성물 재료의 복수의 경화된 액적들을 각각 포함하는 복수의 층들을 포함한다.

[0012] 본 개시내용의 실시예들은 연마 제품을 형성하는 방법을 추가로 제공할 수 있는데, 이 방법은 복수의 우레탄 아크릴레이트 폴리머 층들을 형성하는 단계를 포함하고, 상기 복수의 우레탄 아크릴레이트 폴리머 층들을 형성하는 단계는 제1 재료 조성물을 포함하는 연마 바디의 표면에 걸쳐 제1 패턴으로 제1 프리커서 제제의 복수의 액적들을 분배하는 단계 - 상기 제1 프리커서 제제는 제1 다관능성 우레탄 아크릴레이트 올리고머, 제1 양의 제1 다관능성 아크릴레이트 프리커서, 및 제1 양의 제1 경화제를 포함함 -, 상기 연마 바디의 표면에 걸쳐 제2 패턴으로 제2 프리커서 제제의 복수의 액적들을 분배하는 단계 - 상기 제2 프리커서 제제는 상기 제1 다관능성 우레탄 아크릴레이트 올리고머 및/또는 상기 제1 다관능성 아크릴레이트 프리커서를 포함함 -, 및 상기 제1 프리커서 제제의 액적들 및 상기 제2 프리커서 제제의 액적들을 부분적으로만 경화시키기 위해 제1 시간 기간 동안 상기 제1 프리커서 제제의 분배된 액적들 및 상기 제2 프리커서 제제의 분배된 액적들을 전자기 복사에 노출시키는 단계를 포함한다.

[0013] 본 개시내용의 실시예들은 기관의 표면을 연마하도록 구성된 연마 표면을 갖는 연마 제품을 제공할 수 있는데, 이 연마 제품은 복수의 제1 폴리머 층들을 각각 포함하는 복수의 제1 연마 요소들-상기 복수의 제1 폴리머 층들 중 적어도 하나가 상기 연마 표면을 형성함-, 및 복수의 제2 폴리머 층들을 각각 포함하는 하나 이상의 제2 연마 요소를 포함하고, 상기 하나 이상의 제2 연마 요소 각각의 적어도 하나의 영역이 복수의 제1 연마 요소들 중 적어도 하나와 상기 연마 제품의 지지 표면 사이에 배치되고, 상기 복수의 제1 폴리머 층들은 제1 폴리머 조성물을 포함하고, 상기 복수의 제2 폴리머 층들은 제2 폴리머 조성물을 포함하고, 상기 복수의 제1 연마 요소들은 각각 노출된 부분 및 노출되지 않은 부분을 갖고, 상기 제1 연마 요소들의 노출되지 않은 부분은 상기 하나 이상의 제2 연마 요소의 부분 내에 배치되고, 상기 노출된 부분은 상기 연마 표면을 포함하는 노출 표면 면적 및 노출 표면 면적 대 체적 비율을 갖고, 상기 노출 표면 면적 대 체적 비율은 약 20mm^{-1} 미만이다. 일부 구성에서, 상기 노출 표면 면적 대 체적 비율은 약 15mm^{-1} 미만, 또는 약 10mm^{-1} 미만이다.

[0014] 본 개시내용의 실시예들은 기관의 표면을 연마하도록 구성된 연마 표면을 갖는 연마 제품을 추가로 제공할 수 있는데, 이 연마 제품은 복수의 제1 폴리머 층들을 각각 포함하는 복수의 제1 연마 요소들 - 상기 복수의 제1

폴리머 층들 중 적어도 하나가 상기 연마 표면을 형성함 -, 및 복수의 제2 폴리머 층들을 각각 포함하는 하나 이상의 제2 연마 요소를 포함하고, 상기 하나 이상의 제2 연마 요소 각각의 적어도 하나의 영역이 상기 복수의 제1 연마 요소들 중 적어도 하나와 상기 연마 제품의 지지 표면 사이에 배치되고, 상기 복수의 제1 폴리머 층들은 제1 폴리머 조성물을 포함하고 상기 복수의 제2 폴리머 층들은 제2 폴리머 조성물을 포함하고, 상기 연마 표면에서의 상기 적어도 하나의 제1 폴리머 층은 약 60° 미만의 동적 접촉 각도를 갖는다.

[0015] 본 개시내용의 실시예들은 기관의 표면을 연마하도록 구성된 연마 표면을 갖는 연마 제품을 추가로 제공할 수 있는데, 이 연마 제품은 복수의 제1 폴리머 층들을 각각 포함하는 복수의 제1 연마 요소들 - 상기 복수의 제1 폴리머 층들 중 적어도 하나가 상기 연마 표면을 형성함 -; 및 복수의 제2 폴리머 층들을 각각 포함하는 하나 이상의 제2 연마 요소를 포함하고, 상기 하나 이상의 제2 연마 요소 각각의 적어도 하나의 영역이 상기 복수의 제1 연마 요소들 중 적어도 하나와 상기 연마 제품의 지지 표면 사이에 배치되고, 상기 복수의 제1 폴리머 층들은 제1 폴리머 조성물을 포함하고 상기 복수의 제2 폴리머 층들은 제2 폴리머 조성물을 포함하고; 상기 제2 폴리머 층들은 90 미만의 쇼어 A 경도를 갖는다.

[0016] 본 개시내용의 실시예들은 기관의 표면을 연마하도록 구성된 연마 표면을 갖는 연마 제품을 추가로 제공할 수 있는데, 이 연마 제품은 복수의 제1 폴리머 층들을 각각 포함하는 복수의 제1 연마 요소들 - 상기 복수의 제1 폴리머 층들 중 적어도 하나가 상기 연마 표면을 형성함 -, 및 복수의 제2 폴리머 층들을 각각 포함하는 하나 이상의 제2 연마 요소를 포함하고, 상기 하나 이상의 제2 연마 요소 각각의 적어도 하나의 영역이 상기 복수의 제1 연마 요소들 중 적어도 하나와 상기 연마 제품의 지지 표면 사이에 배치되고, 상기 복수의 제1 폴리머 층들은 제1 폴리머 조성물을 포함하고 상기 복수의 제2 폴리머 층들은 제2 폴리머 조성물을 포함하고, 상기 제1 폴리머 층들의 열확산율은 약 $6E-6 \text{ m}^2/\text{s}$ 미만이다.

[0017] 본 개시내용의 실시예들은 기관의 표면을 연마하도록 구성된 연마 표면을 갖는 연마 제품을 추가로 제공할 수 있는데, 이 연마 제품은 복수의 제1 폴리머 층들을 각각 포함하는 복수의 제1 연마 요소들 - 상기 복수의 제1 폴리머 층들 중 적어도 하나가 상기 연마 표면을 형성함 -, 및 복수의 제2 폴리머 층들을 각각 포함하는 하나 이상의 제2 연마 요소를 포함하고, 상기 하나 이상의 제2 연마 요소 각각의 적어도 하나의 영역이 상기 복수의 제1 연마 요소들 중 적어도 하나와 상기 연마 제품의 지지 표면 사이에 배치되고, 상기 복수의 제1 폴리머 층들은 제1 폴리머 조성물을 포함하고 상기 복수의 제2 폴리머 층들은 제2 폴리머 조성물을 포함하고; 상기 제2 폴리머 층들 중 하나 이상은 25°C와 90°C의 온도 범위 내에서 적어도 0.25 이상의 탄젠트 델타를 갖는다.

[0018] 본 개시내용의 실시예들은 연마 제품을 형성하는 방법을 추가로 제공할 수 있는데, 이 방법은 복수의 폴리머 층들을 순차적으로 형성하는 단계를 포함하고, 상기 복수의 폴리머 층들을 형성하는 단계는: (a) 적층 제조 프로세스의 이용에 의해 표면의 제1 영역 상에 소정 양의 제1 첨가 폴리머 프리커서 제제를 분배하는 단계 - 상기 제1 첨가 폴리머 프리커서 제제는 소정 양의 제1 첨가 폴리머 프리커서 성분 및 상기 제1 첨가 폴리머 프리커서 제제가 상기 적층 제조 프로세스를 이용하여 분배되는 것을 가능하게 하는 점도를 갖는 제2 양의 제2 첨가 폴리머 프리커서 성분을 포함함 -; (b) 상기 적층 제조 프로세스의 이용에 의해 상기 표면의 제2 영역 상에 소정 양의 제2 첨가 폴리머 프리커서 제제를 분배하는 단계 - 상기 제2 첨가 폴리머 프리커서 제제는 제3 양의 제3 첨가 폴리머 프리커서 성분 및 상기 제2 첨가 폴리머 프리커서 제제가 상기 적층 제조 프로세스를 이용하여 분배되는 것을 가능하게 하는 점도를 갖는 제4 양의 제4 첨가 폴리머 프리커서 성분을 포함함 -; (c) 상기 제1 양의 제1 첨가 폴리머 프리커서 제제 및 상기 제2 양의 제2 첨가 폴리머 프리커서 제제를 부분적으로만 경화시키기 위해 제1 시간 기간 동안 상기 분배된 양의 제1 첨가 폴리머 프리커서 제제 및 상기 분배된 양의 제2 첨가 폴리머 프리커서 제제를 전자기 복사에 노출시키는 단계; 및 (d) 복수의 제1 연마 요소들을 형성하기 위해 (a)-(c)를 반복하는 단계를 포함하고, 상기 제1 연마 요소들은 각각 상기 연마 표면을 포함하는 노출 표면 면적, 및 약 20mm^{-1} 미만인 노출 표면 면적 대 체적 비율을 갖는 노출된 부분을 갖는다.

[0019] 본 개시내용의 실시예들은 연마 제품을 형성하는 방법을 추가로 제공할 수 있는데, 이 방법은 복수의 폴리머 층들을 순차적으로 형성하는 단계를 포함하고, 상기 복수의 폴리머 층들을 형성하는 단계는 복수의 제1 연마 요소들을 형성하는 단계로서, (a) 적층 제조 프로세스의 이용에 의해 표면의 제1 영역 상에 제1 양의 제1 첨가 폴리머 프리커서 제제를 분배하는 단계 - 상기 제1 첨가 폴리머 프리커서 제제는 소정 양의 제1 첨가 폴리머 프리커서 성분 및 상기 제1 첨가 폴리머 프리커서 제제가 상기 적층 제조 프로세스를 이용하여 분배되는 것을 가능하게 하는 점도를 갖는 제2 양의 제2 첨가 폴리머 프리커서 성분을 포함함-; (b) 상기 적층 제조 프로세스의 이용에 의해 상기 표면의 제2 영역 상에 제2 양의 제2 첨가 폴리머 프리커서 제제를 분배하는 단계 - 상기 제2 첨가 폴리머 프리커서 제제는 제3 양의 제3 첨가 폴리머 프리커서 성분 및 상기 제2 첨가 폴리머 프리커서 제제

가 상기 적층 제조 프로세스를 이용하여 분배되는 것을 가능하게 하는 점도를 갖는 제4 양의 제4 첨가 폴리머 프리커서 성분을 포함함 -; (c) 상기 제1 양의 제1 첨가 폴리머 프리커서 제제 및 상기 제2 양의 제2 첨가 폴리머 프리커서 제제를 부분적으로만 경화시키기 위해 제1 시간 기간 동안 상기 분배된 제1 양의 제1 첨가 폴리머 프리커서 제제 및 상기 분배된 제2 양의 제2 첨가 폴리머 프리커서 제제를 전자기 복사에 노출시키는 단계; 및 (d) (a)-(c)를 반복하는 단계를 포함하는 단계; 및 제2 연마 요소를 형성하는 단계로서, (e) 적층 제조 프로세스의 이용에 의해 상기 표면의 제3 영역 상에 제3 양의 제1 첨가 폴리머 프리커서 제제를 분배하는 단계; (f) 상기 적층 제조 프로세스의 이용에 의해 상기 표면의 제4 영역 상에 제4 양의 제2 첨가 폴리머 프리커서 제제를 분배하는 단계; (g) 상기 제3 양의 제1 첨가 폴리머 프리커서 제제 및 상기 제4 양의 제2 첨가 폴리머 프리커서 제제를 부분적으로만 경화시키기 위해 제2 시간 기간 동안 상기 분배된 제3 양의 제1 첨가 폴리머 프리커서 제제 및 상기 분배된 제4 양의 제2 첨가 폴리머 프리커서 제제를 전자기 복사에 노출시키는 단계; 및 (h) (e)-(g)를 반복하는 단계를 포함하는 단계를 포함하고; 상기 형성된 제1 연마 요소들은 각각 연마 표면을 포함하는 노출 표면 면적을 갖는 노출된 부분을 갖는다.

[0020] 본 개시내용의 실시예들은 연마 제품을 형성하는 방법을 추가로 제공할 수 있는데, 이 방법은 연마 바디의 일부의 표면 상에 제1 액체의 제1 액적을 분배하는 단계 - 상기 표면은 소정 양의 제1 액체를 경화시킴으로써 형성된 제1 재료를 포함함 -; 및 상기 제1 액적 내의 재료를 부분적으로만 경화시키기 위해 제1 시간 기간 동안 상기 제1 액체의 분배된 제1 액적을 전자기 복사에 노출시키는 단계를 포함하고, 상기 제1 액체의 분배된 제1 액적을 노출시키는 단계는 제2 시간 기간이 경과한 후에 발생하고, 상기 제2 시간은 상기 제1 액적이 상기 표면에 배치될 때에 시작된다. 상기 제1 액적은 우레탄 아크릴레이트, 표면 경화 광개시제(surface cure photoinitiator) 및 벌크 경화 광개시제(bulk cure photoinitiator)를 포함할 수 있고, 상기 벌크 경화 광개시제는 벤조인 에테르, 벤질 케탈, 아세틸 페논, 알킬 페논, 및 포스핀 옥사이드로 구성된 그룹으로부터 선택되는 재료를 포함하고, 상기 표면 경화 광개시제는 벤조페논 화합물 및 티오크산톤 화합물로 구성된 그룹으로부터 선택되는 재료를 포함한다.

[0021] 본 개시내용의 실시예들은 기관의 표면을 연마하도록 구성되는 연마 표면을 갖는 연마 패드를 추가로 제공할 수 있는데, 이 연마 패드는 상기 연마 표면에 대해 소정 패턴으로 배치되는 복수의 제1 연마 요소들 - 각각의 제1 연마 요소는 제1 폴리머 재료를 포함하는 복수의 제1 폴리머 층들을 포함하고, 상기 제1 연마 요소들 각각에서 상기 복수의 제1 폴리머 층들 중 적어도 하나가 상기 연마 표면의 일부를 형성함 -; 및 상기 복수의 제1 연마 요소들 중 적어도 하나와 상기 연마 패드의 지지 표면 사이에 배치되는 베이스 영역을 포함하고, 상기 베이스 영역은 제2 폴리머 재료를 포함한다. 상기 제1 폴리머 재료는 제1 E'30/E'90 비율을 가질 수 있고 상기 제2 폴리머 재료는 상기 제1 E'30/E'90 비율과 상이한 제2 E'30/E'90 비율을 가질 수 있다. 상기 베이스 영역은 각각이 상기 제1 폴리머 재료의 복수의 경화된 액적들 및 제2 폴리머 재료의 복수의 경화된 액적들을 포함하는 복수의 층들을 포함할 수 있다. 상기 제1 폴리머 재료의 상기 제1 폴리머 층들 각각은 제1 액적 조성물의 복수의 경화된 액적들을 포함할 수 있다. 일부 구성에서, 상기 제1 폴리머 재료는 6보다 큰 제1 E'30/E'90 비율을 갖는다. 상기 연마 패드 내의 상기 제1 폴리머 재료는 제1 저장 탄성률을 가질 수 있고, 상기 제2 폴리머 재료는 제2 저장 탄성률을 가질 수 있고, 상기 제1 저장 탄성률은 상기 제2 저장 탄성률보다 크고, 상기 베이스 영역은 상기 제1 폴리머 재료에 비해 더 큰 체적 퍼센트(volume percent)의 상기 제2 폴리머 재료를 추가로 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 상기 제1 연마 요소는 상기 제2 폴리머 재료에 비해 더 큰 체적 퍼센트의 상기 제1 폴리머 재료를 추가로 포함할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 위에서 언급된 본 개시내용의 특징들이 상세하게 이해될 수 있도록, 위에 간략하게 요약된 본 개시내용의 더 구체적인 설명은 실시예들을 참조할 수 있으며, 그들 중 일부는 첨부 도면들에 예시되어 있다. 그러나, 첨부 도면들은 본 개시내용의 전형적인 실시예들만을 예시하고, 따라서 그것의 범위를 제한하는 것으로 간주되어서는 안 되며, 동등한 효과의 다른 실시예들을 인정할 수 있다는 점에 주목해야 한다.

도 1a는 연마 스테이션의 개략적인 단면도이다.

도 1b 내지 도 1e는 도 1a에 예시된 연마 스테이션 내에 위치되는 연마 헤드 및 연마 패드 구성의 일부의 개략적인 단면도들이다.

도 1f 및 도 1g는 본 개시내용의 실시예에 따른 도 1a에 예시된 연마 스테이션 내에 위치되는 연마 헤드 및 연마 패드 구성의 일부의 개략적인 단면도이다.

- 도 1h는 도 1b 및 도 1c에 예시된 연마 스테이션 구성을 이용하여 연마되고 있는 기관의 일부의 개략적인 단면도이다.
- 도 1i는 도 1d 및 도 1e에 예시된 연마 스테이션 구성을 이용하여 연마되고 있는 기관의 일부의 개략적인 단면도이다.
- 도 1j는 본 개시내용의 실시예에 따른 도 1f 및 도 1g에 예시된 연마 스테이션 구성을 이용하여 연마되고 있는 기관의 일부의 개략적인 단면도이다.
- 도 2a는 본 개시내용의 실시예에 따른 연마 패드의 개략적인 등축 단면도이다.
- 도 2b는 본 개시내용의 실시예에 따른 연마 패드의 개략적인 부분 상면도이다.
- 도 2c는 본 개시내용의 실시예에 따른 연마 패드의 개략적인 등축 단면도이다.
- 도 2d는 본 개시내용의 실시예에 따른 연마 패드의 일부의 개략적인 측단면도이다.
- 도 2e는 본 개시내용의 실시예에 따른 연마 패드의 일부의 개략적인 측단면도이다.
- 도 2f 내지 도 2k는 본 개시내용의 실시예들에 따른 연마 패드 설계들의 상면도들이다.
- 도 3a는 본 개시내용의 실시예에 따른 진보된 연마 패드들을 제조하기 위한 시스템의 개략도이다.
- 도 3b는 본 개시내용의 실시예에 따른 도 3a에 예시된 시스템의 일부의 개략도이다.
- 도 3c는 본 개시내용의 실시예에 따른 도 3b에 예시된 진보된 연마 패드의 소정 영역의 표면 상에 배치되는 분배된 액적의 개략도이다.
- 도 3d는 본 개시내용의 실시예에 따른 진보된 연마 패드들을 제조하기 위한 시스템에서 사용되는 노즐 어셈블리의 개략도이다.
- 도 4a 내지 도 4d는 본 개시내용의 적어도 하나의 실시예에 따른 진보된 연마 패드를 형성하는 데 사용되는 픽셀 차트들의 상면도들이다.
- 도 4e는 본 개시내용의 실시예에 따른 웹 또는 롤-투-롤 타입 연마 패드의 개략적인 상면도이다.
- 도 4f는 본 개시내용의 실시예에 따른 연마 패드의 일부의 개략적인 측단면도이다.
- 도 5a는 본 개시내용의 적어도 하나의 실시예에 따른, 공극들을 함유할 수 있는 진보된 연마 패드를 형성하는 데 사용되는 픽셀 차트의 상면도이다.
- 도 5b는 본 개시내용의 실시예에 따른 진보된 연마 패드의 일부의 개략적인 측단면도이다.
- 도 5c는 본 개시내용의 실시예에 따른 진보된 연마 패드의 일부의 개략적인 측단면도이다.
- 도 6a는 본 개시내용의 실시예에 따른 진보된 연마 패드를 형성하는 데 사용되는 다양한 패드 재료들에 대한 재료 경도 대비 연마된 재료 제거율의 플롯을 예시한다.
- 도 6b는 본 개시내용의 실시예에 따른 연마된 기관의 반경 방향 위치 대비 연마된 재료 제거율의 플롯을 예시한다.
- 도 6c는 본 개시내용의 실시예에 따른 연마 패드의 피쳐 높이 대비 연마된 재료 제거율의 플롯을 예시한다.
- 도 6d는 본 개시내용의 실시예에 따른 연마 패드의 피쳐 높이 대비 표면 면적 대 체적 비율의 플롯을 예시한다.
- 도 6e는 본 개시내용의 실시예에 따른 연마 패드의 개략적인 단면도이다.
- 도 6f는 본 개시내용의 실시예에 따른 연마 패드의 개략적인 단면도이다.
- 도 6g는 본 개시내용의 실시예에 따른 진보된 연마 패드에 형성된 제1 연마 요소들의 퍼센트 접촉 면적 대비 연마된 재료 제거율의 플롯을 예시한다.
- 도 6h는 본 개시내용의 실시예에 따른 진보된 연마 패드에 형성된 제1 연마 요소들의 퍼센트 접촉 면적 대비 연마 패드 온도의 플롯을 예시한다.
- 도 7a는 본 개시내용의 실시예에 따른 진보된 연마 패드 및 다양한 재료들에 대한 온도 대비 탄젠트 델타의 플

롯을 예시한다.

도 7b는 본 개시내용의 실시예에 따른 진보된 연마 패드에 사용될 수 있는 재료들에 대한 변형률 대비 응력의 플롯을 예시한다.

도 7c는 본 개시내용의 실시예에 따른 연마 시스템에서 주기적 처리를 받는 패드 재료들에 대한 온도 대비 저장 탄성률의 변화의 플롯을 예시한다.

도 8a는 본 개시내용의 실시예에 따른 진보된 연마 패드 및 다양한 재료들에 대한 온도 대비 탄젠트 델타의 플롯을 예시한다.

도 8b 및 도 8c는 각각 본 개시내용의 실시예에 따른 진보된 연마 패드의 부분들의 개략적인 측단면도들이다.

도 9는 본 개시내용의 실시예에 따른 연마 패드의 일부의 개략적인 측단면도이다.

도 10은 본 개시내용의 실시예에 따른 투명 영역이 내부에 형성되어 있는 연마 패드의 개략적인 측단면도이다.

도 11은 본 개시내용의 실시예에 따른 지지 발포체 층(supporting foam layer)을 포함하는 연마 패드의 개략적인 단면 사시도이다.

이해를 용이하게 하기 위해서, 가능한 경우에, 도면들에 공통인 동일한 요소들을 지시하는 데에 공통 단어들(이 이용되었다. 일 실시예에 개시된 요소들은 구체적인 언급 없이도 다른 실시예들에서 유익하게 이용될 수 있을 것으로 고려된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 본 개시내용은 튜닝가능한 화학, 재료 및 구조 속성들을 갖는 진보된 연마 제품들, 또는 진보된 연마 패드들, 및 이들을 제조하는 새로운 방법들에 관한 것이다. 본 개시내용의 하나 이상의 실시예에 따르면, 개선된 속성들을 갖는 연마 패드가 3차원(3D) 프린팅 프로세스와 같은 적층 제조 프로세스에 의해 제조될 수 있는 것으로 발견되었다. 본 개시내용의 실시예들은, 관능성 폴리머, 관능성 올리고머, 모노머, 반응성 희석제, 유동 첨가제, 경화제, 광개시제, 및 경화 상승작용제(cure synergists)를 포함하지만 이에 한정되지는 않는 "수지 프리커서 성분들"을 함유하는 프리커서들, 또는 수지 프리커서 조성물로 형성되는 적어도 2가지 상이한 재료로 형성된 불연속 피쳐들(discrete features) 및 기하형상들을 갖는 진보된 연마 패드를 제공한다. 수지 프리커서 성분들은 또한 적어도 일관능성일 수 있는 관능성 폴리머, 관능성 올리고머, 및 반응성 희석제와 같은 화학적으로 활성인 재료들 및/또는 화합물들을 포함할 수 있고, 자유 라디칼, 루이스 산, 및/또는 전자기 복사에 노출될 때 중합을 겪을 수 있다. 일례로서, 진보된 연마 패드는, 적어도 하나의 수지 프리커서 조성물의 자동화된 순차적인 퇴적과, 그에 후속하는 적어도 하나의 경화 단계에 의해, 복수의 폴리머 층들로 형성될 수 있고, 여기서 각각의 층은 적어도 하나의 폴리머 조성물, 및/또는 상이한 조성물들의 영역들을 나타낼 수 있다. 일부 실시예에서, 진보된 연마 패드의 층들 및/또는 영역들은, 금속, 반금속 산화물(semimetal oxides), 탄화물, 질화물 및/또는 폴리머 입자들과 같은 적어도 하나의 충전재(filler)를 함유하는 복사 경화 폴리머(radiation cured polymer)와 같은 복합 재료 구조물을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 충전재들은 연마 저항성(abrasion resistance)을 증가시키고, 마찰을 감소시키고, 마모에 저항하고, 전체 패드 또는 패드의 특정 영역들의 가교 결합 및/또는 열 전도율을 증대시키기 위해 이용될 수 있다. 그러므로, 패드 바디, 및 패드 바디 위에, 상에 그리고 내에 생성된 불연속 피쳐들을 포함하는 진보된 연마 패드는 복수의 상이한 재료들 및/또는 재료 조성물들로 동시에 형성될 수 있고, 따라서 패드 아키텍처 및 속성들의 미크론 스케일 제어를 가능하게 할 수 있다.

[0024] 또한, 완전한 연마 프로세스 범위에 걸쳐 바람직한 패드 연마 속성들을 포함하는 연마 패드가 제공된다. 전형적인 연마 패드 속성들은 연마 패드의 정적 속성들 및 동적 속성들 둘 다를 포함하고, 이러한 속성들은 연마 패드 내의 개별 재료들 및 완전한 연마 패드 구조물의 복합 속성들에 의해 영향을 받는다. 진보된 연마 패드는 복수의 불연속 재료를 포함하는 영역들, 및/또는 형성된 연마 패드 내의 하나 이상의 방향에서의 재료 조성의 경사들(gradients)을 포함하는 영역들을 포함할 수 있다. 연마 프로세스 범위에 걸쳐 바람직한 연마 성능을 갖는 진보된 연마 패드를 형성하도록 조정될 수 있는 기계적 속성들의 일부의 예들은 저장 탄성률 E', 손실 탄성률 E'', 경도, 항복 강도(yield strength), 극한 인장 강도(ultimate tensile strength), 연신율(elongation), 열 전도율, 제타 전위(zeta potential), 질량 밀도(mass density), 표면 장력, 푸아송 비, 파괴 인성(fracture toughness), 표면 조도(surface roughness)(R_a) 및 다른 관련 속성들을 포함하지만, 이에 제한되지는 않는다. 진보된 연마 패드 패드 내에서 조정될 수 있는 동적 속성들의 일부의 예들은 탄젠트 델타(tan δ) 저장 탄성률 비율(또는 E'30/E'90 비율), 및 다른 관련 파라미터들, 예컨대 에너지 손실 계수(energy loss factor)(KEL)를

포함할 수 있지만, 이에 제한되지는 않는다. 에너지 손실 계수(KEL)는 패드 재료의 탄성 반발 및 댐프닝 효과 (elastic rebound and dampening effect)에 관련된다. KEL은 다음의 식에 의해 정의될 수 있다:

$$KEL = \tan \delta \cdot 10^{12} / [E' \cdot (1 + (\tan \delta)^2)]$$
, 여기서 E'는 파스칼 단위이다. KEL은 전형적으로 40℃의 온도, 및 1 또는 1.6 헤르츠(Hz)의 주파수에서 동적 기계적 분석(DMA)의 방법을 이용하여 측정된다. 달리 특정되지 않는 한, 본 명세서에 제공된 저장 탄성률 E', E'30/E'90 비율 및 퍼센트 회복률(percent recovery) 측정치들은 약 1 헤르츠(Hz)의 주파수 및 약 5℃/min의 온도 상승률(temperature ramp rate)에서 수행된 DMA 테스트 프로세스를 이용하여 수행되었다. 패드 속성들 중 하나 이상을 제어함으로써, 개선된 연마 프로세스 성능, 개선된 연마 패드 수명, 및 개선된 연마 프로세스 반복가능성이 달성될 수 있다. 하나 이상의 이러한 속성을 나타내는 패드 구성들의 예들은 본 명세서에 논의된 하나 이상의 실시예와 함께 아래에 추가로 논의된다.

[0025] 아래에 더 상세하게 논의되는 바와 같이, 저장 탄성률 E'는 연마 결과들이 기관에 걸쳐 균일한 것을 보장하는 데에 있어서 중요한 인자이고, 따라서 연마 패드 성능에 대해 유용한 메트릭이다. 저장 탄성률 E'는 응력-변형률 곡선의 탄성 선형 부분(elastic linear portion)에서의 연신 변형률(extensional strain)로 인가된 인장 응력을 나누는 것에 의해 전형적으로 계산된다(예를 들어, 기울기 또는 $\Delta y / \Delta x$). 유사하게, 점성 변형률(viscous strain)에 대한 점성 응력(viscous stress)의 비율은 손실 탄성률 E''를 정의하기 위해 이용된다. 저장 탄성률 E' 및 손실 탄성률 E'' 둘 다는 재료 내에서의 분자간 및 분자내 화학적 결합으로부터 기인하는 고유 재료 속성들이라는 점에 유의한다. 저장 탄성률은 재료 테스트 기술, 예컨대 동적 기계적 분석(DMA)(예를 들어, ASTM D4065, D4440, 및 D5279)을 이용하여 원하는 온도에서 측정될 수 있다. 상이한 재료들의 속성들을 비교할 때 25℃와 40℃ 사이의 범위, 예컨대 40℃에서 단일 온도에서 재료의 저장 탄성률 E'를 측정하는 것이 전형적이다.

[0026] 연마 패드 성능 및 균일성에서의 다른 관련 메트릭은 재료의 댐프닝 능력의 척도, 예컨대 연마 패드의 압축 및 반발 댐프닝 속성들의 척도이다. 댐프닝을 측정하는 일반적인 방식은 원하는 온도에서 재료의 탄젠트 델타($\tan \delta$)를 계산하는 것이고, 여기서 $\tan \delta = \text{손실 탄성률} / \text{저장 탄성률} = E'' / E'$ 이다. 상이한 재료들의 속성들을 비교할 때 40℃와 같은 단일 온도에서 재료들에 대한 $\tan \delta$ 측정치들을 비교하는 것이 전형적이다. 달리 특정되지 않는 한, 본 명세서에 제공된 $\tan \delta$ 측정치들은 1 헤르츠(Hz)의 주파수 및 약 5℃/min의 온도 상승률에서 수행된 DMA 테스트 프로세스를 이용하여 수행되었다. 일반적으로, $\tan \delta$ 는, 재료에서의 스프링-유사 탄성 화학 구조들(spring-like elastic chemical structures), 예컨대 힘이 해제될 때 바람직한 저 에너지 형태(conformation) 및 구조로 복귀되는 가요성의 코일형 지방족 폴리머 사슬들(flexible and coiled aliphatic polymer chains)과 비교하여, 재료 내의 "점성" 화학 구조들이 인가된 반복 변형률(cyclic strain)에 어떻게 응답하는지(예를 들어, 결합 회전(bond rotation), 폴리머 사슬 슬리피지(slippage) 및 이동)의 척도이다. 예를 들어, 재료의 탄성이 적을수록, 주기적 부하(cyclic load)가 인가될 때, 재료의 점성 분자 세그먼트들의 응답은 재료의 탄성 분자 세그먼트들에 뒤떨어질 것이고(상 시프트(phase shift)), 열이 발생된다. 기관들의 처리 동안 연마 패드에서 발생하는 열은 연마 프로세스 결과들(예를 들어, 연마 균일성)에 영향을 미칠 수 있고, 따라서 패드 재료들의 신중한 선택(judicious choice)에 의해 제어 및/또는 보상되어야 한다.

[0027] 연마 패드 내의 재료들의 경도는 연마 후에 기관 상에서 발견되는 연마 균일성 결과들, 및 재료 제거율에 있어서 역할을 한다. 종종 로크웰(Rockwell), 볼(Ball) 또는 쇼어(Shore) 경도 스케일을 이용하여 또한 측정되는 재료의 경도는 압입(indentation)에 대한 재료 저항성을 측정하고, 경험적인 경도 값을 제공하며, 저장 탄성률 E'의 증가를 추적하거나 이러한 증가에 따라 증가할 수 있다. 전형적으로, 패드 재료들은 ASTM D2240 기술을 이용하여 전형적으로 측정되는 쇼어 경도 스케일을 이용하여 측정된다. 전형적으로, 패드 재료 경도 속성들은, 폴리에틸렌과 같은 더 연질이거나 낮은 저장 탄성률 E'의 폴리머 재료들을 위해 흔하게 이용되는 쇼어 A 또는 쇼어 D 스케일로 측정된다. 로크웰 경도(예를 들어, ASTM D785) 테스트가 또한 열가소성 및 열경화성 재료들과 같은 "경질"의 강성 엔지니어링 폴리머 재료들의 경도를 테스트하는 데 사용될 수 있다.

[0028] 연마 패드 장치 및 연마 방법

[0029] 도 1a는 다수의 연마 스테이션들(100)을 포함하는 더 큰 화학 기계적 연마(CMP) 시스템 내에 위치될 수 있는 연마 스테이션(100)의 개략적인 단면도이다. 연마 스테이션(100)은 플래튼(102)을 포함한다. 플래튼(102)은 중심 축(104)을 중심으로 회전할 수 있다. 연마 패드(106)가 플래튼(102) 상에 배치될 수 있다. 전형적으로, 연마 패드(106)는 연마 스테이션(100) 내에서 처리될 기관(110)의 크기(예를 들어, 기관 직경)보다 적어도 1배 내지 2배 더 큰 플래튼(102)의 상부 표면을 커버한다. 일례에서, 연마 패드(106) 및 플래튼(102)은 직경이 약 6인치(150mm) 내지 약 40인치(1,016mm)이다. 연마 패드(106)는 플래튼(102)의 표면 위에 위치되는 지지 표면

(103), 및 하나 이상의 기관(110)에 접촉하여 이러한 기관들을 처리하도록 구성된 연마 표면(112)을 포함한다. 플래튼(102)은 연마 동안 연마 패드(106)를 지지하며 연마 패드(106)를 회전시킨다. 캐리어 헤드(108)가 연마 패드(106)의 연마 표면(112)에 대하여 기관(110)을 유지한다. 캐리어 헤드(108)는 기관(110)을 연마 패드(106)에 대하여 압박하기 위해 이용되는 가요성 다이어프램(111), 및 연마 프로세스 동안 기관의 표면에 걸쳐 발견되는 고유하게 불균일한 압력 분포를 정정하기 위해 이용되는 리테이닝 링(109)을 전형적으로 포함한다. 캐리어 헤드(108)는 기관(110)과 연마 패드(106) 사이에 상대적인 움직임들을 발생시키기 위해 스위핑 모션으로 이동하고/하거나 중심 축(114)을 중심으로 회전할 수 있다.

[0030]

전달 압(118)이 연마 동안 연마 표면(112)에 공급되는 연마 유체(116), 예컨대 연마제 슬러리를 전달한다. 연마 유체(116)는 기관의 화학 기계적 연마를 가능하게 하기 위해 화학적 활성 성분들, pH 조정제 및/또는 연마제 입자들을 함유할 수 있다. 연마 유체(116)의 슬러리 화학물질은 금속들, 금속 산화물들, 및 반금속 산화물들을 포함할 수 있는 웨이퍼 표면들 및/또는 피쳐들을 연마하도록 설계된다. 전형적으로, 연마 스테이션(100)은 패드 컨디셔닝 어셈블리(120)를 또한 포함하고, 이 패드 컨디셔닝 어셈블리는 패드 컨디셔닝 디스크(128)(예를 들어, 다이아몬드 함침 디스크)가 연마 프로세스 사이클 동안 상이한 시간들에서 연마 표면(112)에 대하여 압박되고 연마 표면에 걸쳐 스위프하여, 연마 패드(106)의 표면(112)을 연마하고 회생(rejuvenate)시키게 하도록 구성되는 액추에이터들(124 및 126) 및 컨디셔닝 압(122)을 포함한다.

[0031]

도 1b 및 도 1c는 연마 스테이션(100) 내에 위치되는 종래의 "경질" 또는 높은 저장 탄성률 E' 탄성률 연마 패드(106A) 및 캐리어 헤드(108)의 일부의 개략적인 단면도들이다. 도 1d 및 도 1e는 연마 스테이션(100) 내에 위치되는 종래의 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 연마 패드(106B) 및 캐리어 헤드(108)의 일부의 개략적인 단면도들이다. 도 1f 및 도 1g는 연마 스테이션(100) 내에 위치되는, 아래에 추가로 설명되는, 진보된 연마 패드(200)의 일 실시예, 및 캐리어 헤드(108)의 일부의 개략적인 단면도들이다. 명료성을 위해, 캐리어 헤드(108)의 상부 부분 및 가요성 다이어프램(111)은 도 1b 내지 도 1g에서 빠져있다. 동작 동안, 가요성 다이어프램(111)(도 1a)은 기관(110)을 연마 패드(106A, 106B) 또는 진보된 연마 패드(200)에 대하여 압박하도록 위치되고, 캐리어 헤드(108)의 장착 부분(도시되지 않음)에 결합되는 캐리어 헤드 액추에이터(도시되지 않음)는 캐리어 헤드(108) 및 리테이닝 링(109)을 연마 패드(106A, 106B) 또는 진보된 연마 패드(200)의 표면에 대하여 개별적으로 압박하도록 구성된다. 도 1c, 도 1e 및 도 1f에 도시된 바와 같이, 가요성 다이어프램(111)은 인가된 힘 F_2 에 의해 예시되는 기관(110)의 후면에 대한 압력을 인가하도록 구성되고, 캐리어 헤드 액추에이터는 리테이닝 링(109)에 힘 F_1 을 인가하도록 구성된다.

[0032]

도 1b는 연마 프로세스가 기관(110)에 대해 수행되기 전에, 캐리어 헤드(108) 내에, 그리고 종래의 "경질" 또는 높은 저장 탄성률 E' 연마 패드(106A)의 일부 위에 위치되는 기관(110)의 에지의 일부를 예시한다. 기관(110)은 후속 CMP 프로세스 동안 제거 및/또는 평탄화될 하나 이상의 디바이스 피쳐(110B)를 갖는 층(110A)을 포함한다(도 1h). 도 1c는 도 1b에 예시된 종래의 "경질" 연마 패드(106A)를 사용한 연마 프로세스 동안의 기관(110)을 예시한다. "경질" 연마 패드들을 이용하는 CMP 프로세스들은 기관(110)의 에지에서 발견되는 에지 효과들(edge effects)로 인해 불균일한 평탄화 결과들을 갖는 경향이 있는 것으로 밝혀졌으며, 이러한 에지 효과들은 CMP 프로세스 동안 기관(110)의 에지에서 발견되는 더 큰 고유 연마 불균일성을 보상하기 위해 힘 F_1 을 리테이닝 링(109)에 인가할 필요성에 구체적으로 관련된다. 다시 말하면, "경질" 연마 패드를 형성하기 위해 이용되는 재료의 높은 저장 탄성률 E', 강성 또는 경질 성질은 리테이닝 링(109)에 의해 힘 F_1 이 "경질" 연마 패드(106A)에 인가될 때 패드 반발 또는 리지(ridge)(107A)가 형성되게 한다. 리지(107A)의 형성은 인가된 힘 F_1 로 인한 "경질" 연마 패드(106A)의 변형(107B)에 일반적으로 관련되고, 이는 기관(110)의 에지가 기관(110)의 중심보다 더 빠르게 연마되게 한다. 기관(110)의 에지에서 더 높은 연마 속도는 "전역적" CMP 평탄화 불균일성(예를 들어, 기관에 걸친 불균일성)을 초래한다.

[0033]

도 1h는 종래의 "경질" 연마 패드(106A)를 이용하여 연마되고 있는 기관(110)의 일부의 개략적인 단면도이다. 도시된 바와 같이, 기관(110)은, 층(110A) 내에 형성되고, CMP 프로세스 동안 제거 및/또는 평탄화되는 복수의 피쳐들(110B)을 포함한다. 이러한 예에서, "경질" 연마 패드(106A)를 형성하기 위해 이용되는 재료의 높은 저장 탄성률 E', 강성 및/또는 경질 성질은, 가요성 다이어프램(111)에 의해 힘 F_2 가 기관(110)에 인가될 때 이러한 패드가 마이크로스코픽 스케일(예를 들어, 10nm-1000nm 피쳐 피치)에서 상당히 변형되는 것을 허용하지 않을 것이다. 이러한 경우에, "경질" 연마 패드(106A)는 마이크로스코픽 스케일에서 허용가능한 양의 평탄화 및 평탄화 효율을 일반적으로 산출할 것이지만, 위에서 논의된 이유들로 인해 불량한 전역적 평탄화 결과들을 달성할

것이다.

[0034] 도 1d는 연마 프로세스가 기판(110)에 대해 수행되기 전에, 캐리어 헤드(108) 내에, 그리고 종래의 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 연마 패드(106B)의 일부 위에 위치되는 기판(110)의 에지의 일부를 예시한다. 기판(110)은 후속 CMP 프로세스 동안 제거 및 평탄화될 하나 이상의 디바이스 피처(110B)(도 1i)를 갖는 층(110A)을 포함한다. 도 1e는 도 1d에 예시된 종래의 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 연마 패드(106B)를 사용하는 연마 프로세스 동안 기판(110)을 예시한다. 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 연마 패드가 CMP 프로세스 동안 리테이닝 링(109)에 의해 발생하는 인가된 힘 F_1 및 가요성 다이어프램(111)에 의해 발생하는 인가된 힘 F_2 하에서 변형되는 것이 비교적 용이한 것으로 인해, 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 연마 패드들을 이용하는 CMP 프로세스들은 불균일한 평탄화 결과들을 갖는 경향이 있는 것으로 밝혀졌다. 다시 말하면, 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 연마 패드(106B)를 형성하기 위해 이용되는 재료의 연질, 가요성 및 낮은 저장 탄성률 E' 성질은 리테이닝 링(109)에 의해 공급되는 힘 F_1 이 최소화되는 효과를 허용하고, 이것은 패드가 리테이닝 링(109)의 하향력을 보상하는 능력을 개선한다. 낮은 탄성률(elastic modulus) 재료의 이러한 압축 응답(compressive response)은 리테이닝 링 압축의 신속한 회복, 및 연마 프로세스 동안 기판의 중심과 에지 사이에서 보이는 더 일관된 연마 속도를 허용한다. 그러므로, 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 연마 패드의 이용은 더 전역적인 CMP 평탄화 균일성을 야기할 것이다.

[0035] 도 1i는 종래의 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 연마 패드(106B)를 이용하여 연마되고 있는 기판의 일부의 개략적인 단면도이다. 이러한 예에서, 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 연마 패드(106B)를 형성하기 위해 이용되는 재료의 가요성 또는 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 성질은, 가요성 다이어프램(111)에 의해 힘 F_2 가 기판(110)에 인가될 때 재료가 마이크로스코픽 스케일(예를 들어, 10nm-1000nm 피처 피치)로 변형되는 것을 허용한다. 도 1i에 도시된 바와 같이, 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 연마 패드(106B) 내의 재료는 변형되고, 후속하여 디바이스 피처들(110B) 사이의 층(110A)의 영역들에 접촉하여 이러한 영역들을 연마할 수 있다. 피처들(110B)의 최상부들 및 피처들(110B) 사이의 영역들의 부분들을 동시에 연마하는 동작은 평탄화 불균일성들 및 다른 평탄화 문제점들을 생성할 것이다. 이 경우, 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 연마 패드(106B)는 일반적으로 허용 가능한 양의 전역적 평탄화를 산출할 것이지만, 불량한 평탄화 효율을 달성하고 불량한 디싱 결과들(dishing results)을 제공할 것이다. 낮은 저장 탄성률 함유 연마 패드들은 마이크로스코픽 스케일의 개선된 스크래치 성능에서 이점을 제공하는데, 왜냐하면 이러한 연마 패드들은 패드 표면과 기판의 표면 사이에 배치될 수 있는 경질 결함들(hard defects)이 더 높은 저장 탄성률 재료에 의해 기판 표면에 대해 강제되기보다는 패드 매트릭스 내에서 압축 및/또는 수용되는 것을 허용하기 때문이다.

[0036] 진보된 연마 패드들

[0037] 본 개시내용의 실시예들은 적층 제조 프로세스의 이용에 의해 형성될 수 있는 진보된 연마 패드들(200)을 일반적으로 제공한다. 진보된 연마 패드들은, 적어도 2가지 상이한 재료 조성물로 형성되는 불연속 피처들 또는 영역들을 전형적으로 포함하는 패드 바디를 갖는다. 도 1f 및 도 1g는 연마 스테이션(100) 내에 위치되는 진보된 연마 패드(200)의 패드 바디(202) 및 캐리어 헤드(108)의 일부의 개략적인 단면도들이다. 일반적으로, 진보된 패드의 기계적, 구조적, 및/또는 동적 속성을 개선하기 위해, 연마 프로세스 동안 인가되는 부하가 2가지 이상의 재료 조성물을 포함하는 연마 바디(202)의 영역들을 통해 분산되도록 구성되는 진보된 연마 패드(200)를 형성하는 것이 바람직하다. 일 실시예에서, 패드 바디(202)는 제1 저장 탄성률 E' 재료(예를 들어, 높은 저장 탄성률 E' 재료)로 형성되는 제1 연마 요소(204), 및 제2 저장 탄성률 E' 재료(예를 들어, 중간 또는 낮은 저장 탄성률 E' 재료)로 형성될 수 있는 제2 연마 요소(206)를 적어도 포함할 수 있다. 일 구성에서, 제1 연마 요소(204)의 상부 표면들(208)이 제2 연마 요소(들)(206) 위로 돌출되도록, 지지 표면(203)으로부터의 제1 연마 요소(들)(204)의 높이(150)는 제2 연마 요소(들)(206)의 높이(151)보다 더 높다. 일례에서, 도 1g에 도시된 바와 같이, 연마 요소들 각각에서의 재료들의 조합인 원하는 기계적 및 동적 속성들을 갖는 진보된 연마 패드를 형성하기 위해, 힘 F_2 가 가요성 다이어프램(111)에 의해 제1 연마 요소들(204)을 통해, 도 1a에 도시된 플래튼(102)과 같은 지지 부재에 의해 지지되는 제2 연마 요소(206)로 전달된다. 더 높은 저장 탄성률 타입의 연마 피처들을 낮은 저장 탄성률 타입의 지지 피처로부터 분리시킴으로써, 진보된 연마 패드는 더 높은 저장 탄성률의 최상부 패드에 의해 제공되는 개선된 다이 및 어레이 레벨 평면성의 이점을 유지하면서, 개선된 전역적 평면성의 이점을 제공한다.

[0038] 도 1j는 본 개시내용의 실시예에 따른 진보된 연마 패드(200)를 이용하여 연마되고 있는 기판(110)의 일부의 개략적인 단면도이다. 도 1j에 예시된 바와 같이, 일부 실시예에서, 연마 바디(202) 내의 제1 연마 요소(204)는,

기관(110)의 표면 상에 형성되는 적어도 2개 이상의 디바이스 피쳐(110B)(예를 들어, 집적 회로 디바이스들)의 거리에 걸쳐질 정도로 충분히 크도록 형성된다. 일부 실시예에서, 제1 연마 요소들(204) 중 하나 이상은 기관의 주요 치수(예를 들어, 원형 기관의 반경)보다는 작지만 기관(110) 상에서 발견되는 가장 작은 디바이스 피쳐 크기보다는 크도록 크기가 정해진다. 일부 실시예에서, 복수의 제1 연마 요소들(204)은, 크기가 약 250 마이크로미터 내지 약 3mm인, 연마 표면에 평행한 측방향 치수(208L)를 각각 갖는다. 일례에서, 제1 연마 요소들(204)이 연마 표면(208)에서 원형, 정사각형, 직사각형 또는 삼각형 단면을 갖는 경우, 측방향 치수(예를 들어, 길이(208L))는 제1 연마 요소(204)의 정사각형, 직사각형 또는 삼각형 각각의 레그(leg) 또는 직경일 수 있다. 다른 예에서, 제1 연마 요소들(204)이 연마 표면(208)에서 토로이드 형상 또는 아크 형상을 갖는 경우, 측방향 치수(예를 들어, 폭(214))는 반경을 따라 측정될 때의 토로이드 또는 아크의 두께, 또는 심지어는 일부 경우들에서는 토로이드의 외측 직경일 수 있다. 따라서, 아래에 추가로 논의되는 바와 같이, 진보된 연마 패드를 이용하여 기관에 대해 수행되는 연마 프로세스의 결과들을 개선하도록 진보된 연마 패드 속성들 및 성능을 조정하기 위해 제1 연마 요소들(204) 및 하나 이상의 제2 연마 요소(206)의 조합이 이용될 수 있다.

[0039] 일부 실시예에서, 진보된 연마 패드(200)는 적어도 하나의 높은 저장 탄성률 E', 매체 저장 탄성률 E', 및/또는 낮은 저장 탄성률 E' 연마 요소 및/또는 화학 구조적 피쳐를 포함할 수 있다. 예를 들어, 높은 저장 탄성률 E' 재료 조성물은 방향족 고리(aromatic ring)(들) 및 일부 지방족 사슬들을 포함하는 화학적 기들 및/또는 구조적 피쳐들 중 적어도 하나 또는 이들의 혼합물일 수 있다. 일부 경우들에서, 높은 저장 탄성률 E' 재료들은 2%보다 큰 가교결합 밀도를 갖는다. 높은 저장 탄성률 E' 조성물들은 진보된 연마 패드에서 가장 강성인 요소일 수 있고, 높은 경도 값을 가질 수 있으며, 최소 연신율을 나타낼 수 있다. 중간 저장 탄성률 E' 조성물들은 가교결합, 방향족 고리들의 혼합물을 함유할 수 있지만, 높은 저장 탄성률 E' 조성물들보다 더 많은 함량의 지방족 사슬들, 에테르 세그먼트들, 및/또는 폴리우레탄 세그먼트들을 함유할 수 있다. 중간 저장 탄성률 E' 조성물들은 중간 강성, 경도를 가질 수 있고, 높은 저장 탄성률 E' 재료들보다 더 많은 양의 연신율을 나타낼 수 있다. 낮은 저장 탄성률 E' 조성물들은 지방족 사슬들, 에테르 세그먼트들, 및/또는 폴리우레탄 세그먼트들을 함유할 수 있고, 방향족 고리들 또는 가교결합으로부터의 기여는 최소이거나 없다. 낮은 저장 탄성률 E' 조성물들은 가요성, 연질, 및/또는 고무-유사(rubber-like)일 수 있다.

[0040] 30°C의 온도들에서 바람직한 낮은, 중간 및/또는 높은 저장 탄성률 E' 속성들(E'30)을 갖는 재료들이 표 1에 요약되어 있다.

[0041] <표 1>

	낮은 탄성률 조성물들	중간 탄성률 조성물들	높은 탄성률 조성물들
E'30	5 MPa - 100 MPa	100 MPa - 500 MPa	500 MPa - 3000 MPa

[0042]

[0043] 일 실시예에서, 그리고 표 1을 참조하면, 연마 패드 바디(202)는 상이한 저장 탄성률 E' 및/또는 손실 탄성률 E'' 를 갖는 적어도 하나의 점탄성 재료로 형성될 수 있다. 그 결과, 패드 바디는 제1 저장 탄성률 E' 및 손실 탄성률 E''를 갖는 제1 재료 또는 제1 재료 조성물, 및 제1 저장 탄성률 E' 및 손실 탄성률 E''와 상이한 제2 저장 탄성률 E' 및 손실 탄성률(E'')을 갖는 제2 재료 또는 제2 재료 조성물을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 연마 패드 표면 피쳐들은 하나 이상의 폼 팩터 또는 치수를 갖는 복수의 피쳐들을 포함할 수 있고, 상이한 기계적, 열적, 계면적(interfacial), 및 화학적 속성들을 갖는 피쳐들의 혼합물일 수 있다. 예를 들어, 패드 바디 위에, 상에 그리고 내에 배치된 채널들, 홈들, 및/또는 돌기들과 같은 패드 표면 피쳐들은 제1 재료 또는 제1 재료 조성물로부터 도출된 더 높은 저장 탄성률 E' 속성들, 및 제1 재료 또는 제1 재료 조성물보다 더 큰 탄성을 갖는 제2 재료 또는 제2 재료 조성물로부터 도출된 일부 더 낮은 저장 탄성률 E' 속성들 둘 다를 포함할 수 있다.

[0044] 본 명세서에서 사용된 진보된 연마 패드(200)라는 용어는, 위에서 논의되고 아래에 추가로 논의되는 속성들, 재료들, 피쳐들 및/또는 속성들 중 하나 이상을 포함하는 진보된 연마 패드를 광범위하게 설명하는 것으로 의도된다. 진보된 연마 패드들의 특정 구성들은 도 2a 내지 도 2k에 예시된 예들과 함께 논의된다. 달리 특정되지 않는 한, 제1 연마 요소(들)(204) 및 제2 연마 요소(들)(206)라는 용어들은 진보된 연마 패드(200)의 연마 바디 내의 부분들, 영역들, 및/또는 피쳐들을 광범위하게 설명하는 것으로 의도된다. 본 명세서에 설명된 적층 제조 프로세스들 중 하나 이상의 이용에 의해 다른 유사한 구성들이 형성될 수 있으므로, 도 2a 내지 도 2k에 도시된 상이한 진보된 연마 패드 구성들의 특정 예들은 본 명세서에 제공된 본 개시내용의 범위에 관하여 제한하는 것

으로 의도되지는 않는다.

[0045] 진보된 연마 패드들은, 적어도 하나의 수지 프리커서 조성물의 층별의(layer by layer) 자동화된 순차적인 퇴적과, 그에 후속하는 적어도 하나의 경화 단계에 의해 형성될 수 있고, 여기서 각각의 층은 적어도 하나의 폴리머 조성물, 및/또는 상이한 조성물들의 영역들을 나타낼 수 있다. 조성물들은 관능성 폴리머들, 관능성 올리고머들, 반응성 희석제들, 및 경화제들을 포함할 수 있다. 관능성 폴리머들은 다관능성 아크릴레이트 프리커서 성분들을 포함할 수 있다. 복수의 고체 폴리머 층들을 형성하기 위해, 하나 이상의 조성물을 UV 복사 및/또는 컬럼 에너지에 노출시키는 것과 같은 하나 이상의 경화 단계가 이용될 수 있다. 이러한 방식으로, 전체 연마 패드는 3D 프린팅에 의해 복수의 폴리머 층들로 형성될 수 있다. 경화된 층의 두께는 약 0.1 마이크로 내지 약 1mm, 예컨대 5 마이크로 내지 약 100 마이크로, 및 예컨대 25 마이크로 내지 약 30 마이크로일 수 있다.

[0046] 본 개시내용에 따른 연마 패드들은 연마 요소와 연마 요소 간의 적어도 하나의 조성 경사(compositional gradient)에 의해 반영된 바와 같이, 패드 바디(202)에 걸쳐, 저장 탄성률 E' 및 손실 탄성률 E''와 같은 상이한 기계적 속성들을 가질 수 있다. 연마 패드(200)에 걸친 기계적 속성들은, 정적 기계적 속성들, 동적 기계적 속성들, 및 마모 속성들을 포함할 수 있는 타겟 연마 패드 속성들을 달성하기 위해 대칭 또는 비대칭, 균일 또는 불균일할 수 있다. 패드 바디(202)에 걸친 연마 요소들(204, 206) 중 어느 하나의 패턴들은 연마 패드에 걸쳐 저장 탄성률 E' 및 손실 탄성률 E''를 포함하는 타겟 속성들을 달성하기 위해 방사형, 동심형, 직사각형, 나선형, 프랙탈 또는 랜덤일 수 있다. 유리하게는, 3D 프린팅 프로세스는 패드의 특정 패드 영역들 내에서 또는 패드의 더 큰 영역들 위에서 원하는 속성들을 갖는 재료 조성물들의 특정 배치를 가능하게 하고, 따라서 속성들은 결합되고, 속성들의 더 큰 평균 또는 속성들의 "복합물"을 표현한다.

[0047] 진보된 연마 패드 구성의 예들

[0048] 도 2a는 본 개시내용의 일 실시예에 따른 진보된 연마 패드(200a)의 개략적인 사시 단면도이다. 하나 이상의 제1 연마 요소(204a)는 원형 패드 바디(202)를 형성하기 위해 하나 이상의 제2 연마 요소(206a)에 결합되는 교대하는 동심 링들(alternating concentric rings)로 형성될 수 있다. 일 실시예에서, 제1 연마 요소(들)(204a)의 상부 표면들(208)이 제2 연마 요소(들)(206a) 위로 돌출되도록, 지지 표면(203)으로부터의 제1 연마 요소(들)(204a)의 높이(210)는 제2 연마 요소(들)(206a)의 높이(212)보다 더 높다. 일 실시예에서, 제1 연마 요소(204)는 제2 연마 요소(들)(206a)의 부분(212A) 위에 배치된다. 홈들(218) 또는 채널들이 제1 연마 요소(들)(204a) 사이에 형성되고, 제2 연마 요소(들)(206a)의 일부를 적어도 포함한다. 연마 동안, 제1 연마 요소들(204a)의 상부 표면들(208)은 기관에 접촉하는 연마 표면을 형성하는 한편, 홈들(218)은 연마 유체를 보유하고 나른다(channel). 일 실시예에서, 패드 바디(202)의 최상부 표면 상에 채널들 또는 홈들(218)이 형성되도록, 제1 연마 요소(들)(204a)는 패드 바디(202)의 연마 표면 또는 상부 표면(208)에 평행한 평면에 수직인 방향(즉, 도 2a의 Z 방향)에서 제2 연마 요소(들)(206a)보다 더 두껍다.

[0049] 일 실시예에서, 제1 연마 요소들(204a)의 폭(214)은 약 250 마이크로 내지 약 5 밀리미터일 수 있다. 경질의 제1 연마 요소(들)(204a) 간의 피치(216)는 약 0.5 밀리미터 내지 약 5 밀리미터일 수 있다. 각각의 제1 연마 요소(204a)는 약 250 마이크로 내지 약 2 밀리미터의 범위 내의 폭을 가질 수 있다. 가변 경도의 구역들을 정의하기 위해 진보된 연마 패드(200)의 반경에 걸쳐 폭(214) 및/또는 피치(216)가 달라질 수 있다.

[0050] 도 2b는 본 개시내용의 실시예에 따른 진보된 연마 패드(200b)의 개략적인 부분 상면도이다. 진보된 연마 패드(200b)가 인터로킹하는 제1 연마 요소들(204b) 및 제2 연마 요소들(206b)을 포함한다는 점을 제외하면, 진보된 연마 패드(200b)는 도 2a의 진보된 연마 패드(200)와 유사하다. 제1 연마 요소들(204b) 및 제2 연마 요소들(206b)은 복수의 동심 링을 형성한다. 제1 연마 요소들(204b)은 돌출하는 수직 리지들(220)을 포함할 수 있고, 제2 연마 요소들(206b)은 이러한 수직 리지들(220)을 수용하기 위한 수직 리세스들(222)을 포함할 수 있다. 대안적으로, 제2 연마 요소들(206b)이 돌출하는 리지들을 포함할 수 있는 한편, 제1 연마 요소들(204b)이 리세스들을 포함한다. 제2 연마 요소들(206b)이 제1 연마 요소들(204b)과 인터로킹하게 함으로써, 진보된 연마 패드(200b)는 CMP 프로세스 및/또는 재료 핸들링 동안 발생할 수 있는 인가되는 전단력들(shear forces)에 관련하여 기계적으로 더 강할 것이다. 일 실시예에서, 제1 연마 요소들 및 제2 연마 요소들은, 연마 패드의 강도를 개선하고 연마 패드들의 물리적 무결성을 개선하기 위해 인터로킹될 수 있다. 피치들의 인터로킹은 물리적 및/또는 화학적 힘들로 인한 것일 수 있다.

[0051] 도 2c는 본 개시내용의 실시예에 따른 진보된 연마 패드(200c)의 개략적인 사시 단면도이다. 연마 패드(200c)는 제2 연마 요소(206c)와 같은 베이스 재료 층으로부터 연장되는 복수의 제1 연마 요소들(204c)을 포함한다. 제1 연마 요소들(204c)의 상부 표면들(208)은 연마 동안 기관에 접촉하기 위한 연마 표면을 형성한다. 제1 연

마 요소들(204c) 및 제2 연마 요소들(206c)은 상이한 재료 및 구조적 속성들을 갖는다. 예를 들어, 제1 연마 요소들(204c)은 경질 재료로 형성될 수 있는 한편, 제2 연마 요소들(206c)은 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 재료로 형성될 수 있다. 연마 패드(200c)는 진보된 연마 패드(200)와 유사하게 3D 프린팅에 의해 형성될 수 있다.

[0052] 제1 연마 요소들(204c)은 실질적으로 동일한 크기일 수 있거나, 연마 패드(200c)에 걸쳐, 가변 저장 탄성률 E' 및/또는 가변 손실 탄성률 E''와 같은 가변 기계적 속성들을 생성하기 위해 크기가 달라질 수 있다. 제1 연마 요소들(204c)은 연마 패드(200c)에 걸쳐 균일하게 분포될 수 있거나, 또는 진보된 연마 패드(200c)에서 타겟 속성들을 달성하기 위해 불균일한 패턴으로 배열될 수 있다.

[0053] 도 2c에서, 제1 연마 요소들(204c)은 제2 연마 요소들(206c)로부터 연장되는 원형 컬럼들인 것으로 도시되어 있다. 대안적으로, 제1 연마 요소들(204c)은 임의의 적합한 단면 형상을 가질 수 있는데, 예를 들어 토로이드형, 부분적 토로이드형(예를 들어, 아크), 타원형, 정사각형, 직사각형, 삼각형, 다각형 또는 다른 불규칙한 단면 형상, 또는 이들의 조합을 갖는 컬럼들일 수 있다. 일 실시예에서, 제1 연마 요소들(204c)은 진보된 연마 패드(200c)의 경도, 기계적 강도, 또는 다른 바람직한 속성들을 튜닝하기 위해 상이한 단면 형상들을 가질 수 있다.

[0054] 도 2d는 본 개시내용의 실시예에 따른 진보된 연마 패드(200c)의 연마 바디(202)의 개략적인 부분 측면도이다. 진보된 연마 패드(200d)가 인터로킹하는 제1 연마 요소들(204d) 및 제2 연마 요소들(206d)을 포함한다는 점을 제외하면, 진보된 연마 패드(200d)는 도 2a 내지 도 2c의 진보된 연마 패드(200a, 200b 또는 200c)와 유사하다. 제1 연마 요소들(204d) 및 제2 연마 요소들(206d)은 예를 들어 도 2a, 도 2b 또는 도 2c에 예시된 패드 바디(202)의 일부를 형성하는 복수의 동심 링들 및/또는 불연속 요소들을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 제1 연마 요소들(204d)은 돌출하는 측벽들(224)을 포함할 수 있는 한편, 제2 연마 요소들(206d)은 제1 연마 요소들(204d)의 돌출하는 측벽들(224)을 수용하기 위한 영역들(225)을 포함할 수 있다. 대안적으로, 제2 연마 요소들(206d)이 돌출하는 측벽들을 포함할 수 있는 한편, 제1 연마 요소들(204d)이 돌출하는 측벽들을 수용하도록 구성되는 영역들을 포함한다. 제2 연마 요소들(206c)을 제1 연마 요소들(204d)과 인터로킹함으로써, 진보된 연마 패드(200d)는 증가된 인장, 압축 및/또는 전단 강도를 나타낼 수 있다. 추가적으로, 인터로킹 측벽들은 진보된 연마 패드(200d)가 갈라지는 것을 방지한다.

[0055] 일 실시예에서, 제1 연마 요소들(204d)과 제2 연마 요소들(206d) 사이의 경계들은 적어도 하나의 재료 조성물과 다른 재료 조성물 간의 응집성 전이(cohesive transition), 예컨대 제1 연마 요소(204d)를 형성하기 위해 이용되는 제1 조성물과 제2 연마 요소(206d)를 형성하기 위해 이용되는 제2 조성물 간의 전이 또는 조성 경사를 포함한다. 재료들의 응집성은 본 명세서에 설명된 적층 제조 프로세스의 직접적인 결과이고, 이것은 층별 가산적으로 형성된 구조물(layer by layer additively formed structure)에서의 2개 이상의 화학적 조성물의 친밀한 혼합(intimate mixing) 및 미크론 스케일 제어를 가능하게 한다.

[0056] 도 2e는 본 개시내용의 실시예에 따른 연마 패드의 개략적인 부분 단면도이다. 진보된 연마 패드(200e)가 상이하게 구성된 인터로킹 피쳐들을 포함한다는 점을 제외하면, 진보된 연마 패드(200e)는 도 2d의 진보된 연마 패드(200d)와 유사하다. 진보된 연마 패드(200e)는 복수의 동심 링들 및/또는 불연속 요소들을 갖는 제1 연마 요소들(204e) 및 제2 연마 요소들(206e)을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 제1 연마 요소들(204e)은 수평 리지들(226)을 포함할 수 있는 한편, 제2 연마 요소들(206e)은 제1 연마 요소들(204e)의 수평 리지들(226)을 수용하기 위한 수평 리세스들(227)을 포함할 수 있다. 대안적으로, 제2 연마 요소들(206e)이 수평 리지들을 포함할 수 있는 한편, 제1 연마 요소들(204e)이 수평 리세스들을 포함한다. 일 실시예에서, 도 2b의 인터로킹 피쳐들과 같은 수직 인터로킹 피쳐들 및 도 2d 및 2e의 인터로킹 피쳐들과 수평 인터로킹 피쳐들을 결합하여 진보된 연마 패드를 형성할 수 있다.

[0057] 도 2f 내지 도 2k는 본 개시내용의 실시예들에 따른 다양한 연마 패드 설계들의 개략적인 상면도들이다. 도 2f 내지 도 2k 각각은, 기관에 접촉하여 기관을 연마하기 위한 제1 연마 요소들(204f-204k)을 각각 표현하는 백색 영역들(백색 픽셀들의 영역들), 및 제2 연마 요소(들)(206f-206k)를 표현하는 흑색 영역들(흑색 픽셀들의 영역들)을 갖는 픽셀 차트들을 포함한다. 본 명세서에서 유사하게 논의된 바와 같이, 채널들이 백색 영역들 사이의 흑색 영역들에 형성되도록, 백색 영역들은 일반적으로 흑색 영역들 위로 돌출된다. 일례에서, 픽셀 차트 내의 픽셀들은 진보된 연마 패드의 층 또는 층의 일부 내에서의 다양한 재료들의 위치를 정의하기 위해 이용되는 직사각형 패턴, 예컨대 X 및 Y 배향 어레이로 배열된다. 다른 예에서, 픽셀 차트 내의 픽셀들은 연마 패드의 층 또는 층의 일부 내에서의 다양한 재료들의 위치를 정의하기 위해 이용되는 육각형 조밀 패킹 어레이 타입(hexagonal close pack array type)의 패턴으로 배열된다(예를 들어, 하나의 픽셀이 6개의 최근접 이웃들에 의

해 둘러싸임). 연마 슬러리는 연마 동안 채널들을 통해 유동되고 채널들 내에 보유될 수 있다. 도 2f 내지 도 2k에 도시된 연마 패드들은 적층 제조 프로세스를 이용하여 복수의 재료 층들을 퇴적시킴으로써 형성될 수 있다. 복수의 층들 각각은 제1 연마 요소들(204f-204k) 및 제2 연마 요소(들)(206f-206k)를 형성하기 위해 2가지 이상의 재료를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 홈들 및/또는 채널들이 연마 패드의 최상부 표면 상에 형성되도록, 제1 연마 요소들(204f-204k)은 복수의 재료 층들에 평행한 평면에 수직인 방향에서 제2 연마 요소(들)(206f-206k)보다 더 두꺼울 수 있다.

[0058] 도 2f는 복수의 동심 연마 피쳐들(204f)을 갖는 진보된 연마 패드 설계(200f)의 개략적인 픽셀 차트이다. 연마 피쳐들(204f)은 동일한 폭의 동심 원들일 수 있다. 일 실시예에서, 제1 연마 요소(들)(204f)의 피치가 반경 방향을 따라 일정하도록, 제2 연마 요소(들)(206f)도 또한 동일한 폭을 가질 수 있다. 연마 동안, 제1 연마 요소(들)(204f) 사이의 채널들은 연마 슬러리를 보유하고, 연마 패드의 자신의 중심 축(즉, 동심 원들의 중심)에 대한 회전에 의해 발생하는 원심력으로 인한 연마 슬러리의 급속 손실을 방지한다.

[0059] 도 2g는 동심 원들로 배열된 복수의 세그먼트화된 제1 연마 요소들(204g)을 갖는 연마 패드 설계(200g)의 개략적인 픽셀 차트이다. 일 실시예에서, 세그먼트화된 제1 연마 요소들(204g)은 실질적으로 동일한 길이를 가질 수 있다. 세그먼트화된 제1 연마 요소들(204g)은 복수의 동심 원들을 형성할 수 있다. 각각의 원에서, 세그먼트화된 제1 연마 요소들(204g)은 각각의 동심 원 내에 균등하게 분포될 수 있다. 일 실시예에서, 세그먼트화된 제1 연마 요소들(204g)은 반경 방향으로 동일한 폭을 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 세그먼트화된 제1 연마 요소들(204g)은 동심 원의 반경에 무관하게 실질적으로 동일한 길이(예를 들어, 연마 패드의 중심 영역을 제외하고는 동일한 아크 길이)를 갖는다. 일 실시예에서, 제2 연마 요소(들)(206g)는 복수의 동심 원들 사이에 배치되고, 동심 원들의 피치가 일정하도록 동일한 폭을 갖는다. 일 실시예에서, 연마 패드의 자신의 중심 축에 대한 회전에 의해 발생하는 원심력 하에서 연마 슬러리가 연마 패드 밖으로 직접 유출되는 것을 방지하기 위해, 세그먼트화된 제1 연마 요소들(204g) 사이의 갭들이 원과 원 간에 엇갈리게 배치될 수 있다.

[0060] 도 2h는 제2 연마 요소(들)(206h) 위에 배치된 나선형 제1 연마 요소들(204h)을 갖는 연마 패드 설계(200h)의 개략적인 픽셀 차트이다. 도 2h에서, 연마 패드(200h)는 연마 패드의 중심으로부터 연마 패드의 에지까지 연장되는 4개의 나선형 제1 연마 요소(204h)를 갖는다. 4개의 나선형 연마 피쳐가 도시되어 있지만, 더 적거나 더 많은 수의 나선형 제1 연마 요소(204h)가 유사한 방식으로 배열될 수 있다. 나선형 제1 연마 요소들(204h)은 나선형 채널들(218h)을 정의한다. 일 실시예에서, 나선형 제1 연마 요소들(204h) 각각은 일정한 폭을 갖는다. 일 실시예에서, 나선형 채널들(218h)도 또한 일정한 폭을 갖는다. 연마 동안, 연마 슬러리를 나선형 채널들 내에 보유하기 위해, 연마 패드는 나선형 제1 연마 요소들(204h)의 방향에 반대되는 방향으로 중심 축에 대해 회전할 수 있다. 예를 들어, 도 2h에서, 나선형 제1 연마 요소들(204h) 및 나선형 채널들은 반시계 방향으로 형성되고, 따라서, 연마 동안, 연마 패드는 연마 슬러리를 나선형 채널들 내에 그리고 연마 패드 상에 보유하기 위해 시계 방향으로 회전될 수 있다. 일부 구성에서, 나선형 채널들 각각은 연마 패드의 중심으로부터 연마 패드의 에지까지 연속적이다. 이러한 연속적인 나선형 채널들은 임의의 연마 폐기물과 함께 연마 슬러리가 연마 패드의 중심으로부터 연마 패드의 에지까지 유동하는 것을 허용한다. 일 실시예에서, 연마 패드는 나선형 제1 연마 요소들(204h)과 동일한 방향(예를 들어, 도 2h에서는 반시계 방향)으로 연마 패드를 회전시킴으로써 세정될 수 있다.

[0061] 도 2i는 제2 연마 요소(들)(206i) 상에 나선형 패턴으로 배열되는 세그먼트화된 제1 연마 요소들(204i)을 갖는 연마 패드 설계(200i)의 개략적인 픽셀 차트이다. 제1 연마 요소들(204i)이 세그먼트화되고 제1 연마 요소들(204i)의 반경 방향 피치가 달라진다는 점을 제외하면, 도 2i에 예시된 진보된 연마 패드는 도 2h의 연마 패드와 유사하다. 일 실시예에서, 처리 동안 연마 패드의 표면의 상이한 영역들 상에서의 슬러리의 보유를 조정 및/또는 제어하기 위해, 세그먼트화된 제1 연마 요소들(204i)의 반경 방향 피치는 연마 패드의 중심으로부터 연마 패드의 에지 영역으로 가면서 감소된다.

[0062] 도 2j는 제2 연마 요소(들)(206j)에 형성된 복수의 불연속 제1 연마 요소들(204j)을 갖는 연마 패드 설계(200j)의 개략적인 픽셀 차트이다. 일 실시예에서, 복수의 제1 연마 요소들(204j) 각각은 도 2c에 예시된 구성과 유사하게 원통형 포스트 타입 구조물일 수 있다. 일 실시예에서, 복수의 제1 연마 요소들(204j)은 연마 표면의 평면에서 동일한 치수를 가질 수 있다. 일 실시예에서, 복수의 원통형 제1 연마 요소들(204j)은 동심 원들로 배열될 수 있다. 일 실시예에서, 복수의 원통형 제1 연마 요소들(204j)은 연마 표면의 평면에 대하여 규칙적인 2D 패턴으로 배열될 수 있다.

[0063] 도 2k는 제2 연마 요소(들)(206k) 위에 형성된 복수의 불연속 제1 연마 요소들(204k)을 갖는 연마 패드 설계

(200k)의 개략적인 픽셀 차트이다. 도 2k의 일부 제1 연마 요소들(204k)이 연결되어 하나 이상의 폐쇄된 원을 형성할 수 있다는 점을 제외하면, 도 2k의 연마 패드는 도 2j의 연마 패드와 유사하다. 하나 이상의 폐쇄된 원은 연마 동안 연마 슬러리를 보유하기 위해 하나 이상의 댐(dams)을 생성할 수 있다.

[0064] 도 2a 내지 도 2k의 설계들에서의 제1 연마 요소들(204a-204k)은 동일한 재료 또는 동일한 재료 조성물들로 형성될 수 있다. 대안적으로, 도 2a 내지 도 2k의 설계들에서의 제1 연마 요소들(204a-204k)의 재료 조성 및/또는 재료 속성들은 연마 피처와 연마 피처 간에 달라질 수 있다. 개별화된 재료 조성 및/또는 재료 속성들은 연마 패드들이 특정 요구에 대해 맞춤화되는 것을 허용한다.

[0065] 적층 제조 장치 및 프로세스의 예들

[0066] 도 3a는 본 개시내용의 하나 이상의 실시예에 따른 적층 제조 프로세스를 이용하여 진보된 연마 패드를 형성하기 위해 이용될 수 있는 적층 제조 시스템(350)의 개략적인 단면도이다. 적층 제조 프로세스는 폴리젯 퇴적 프로세스(polyjet deposition process), 잉크젯 프린팅 프로세스(inkjet printing process), 용융 퇴적 모델링 프로세스(fused deposition modeling process), 바인더 분사 프로세스(binder jetting process), 분말 베드 용융 프로세스(powder bed fusion process), 선택적 레이저 소결 프로세스(selective laser sintering process), 스테레오리소그래피 프로세스(stereolithography process), 배트 광중합 디지털 광 처리(vat photopolymerization digital light processing), 시트 라미네이션 프로세스(sheet lamination process), 지향성 에너지 퇴적 프로세스(directed energy deposition process), 또는 다른 유사한 3D 퇴적 프로세스를 포함할 수 있지만, 이에 제한되지는 않는다.

[0067] 적층 제조 시스템(350)은 프리커서 전달 섹션(353), 프리커서 제제 섹션(354) 및 퇴적 섹션(355)을 일반적으로 포함한다. 퇴적 섹션(355)은 적층 제조 디바이스, 또는 이후의 프린팅 스테이션(300)을 일반적으로 포함할 것이다. 진보된 연마 패드(200)는 프린팅 스테이션(300) 내에서 지지체(302) 상에 프린팅될 수 있다. 전형적으로, 진보된 연마 패드(200)는, CAD(computer-aided design) 프로그램으로부터, 도 3a에 예시된 프린터(306A) 및 프린터(306B)와 같은 하나 이상의 액적 토출 프린터(306)를 이용하여, 층별로 형성된다. 프린터들(306A, 306B) 및 지지체(302)는 프린팅 프로세스 동안 서로에 대해 이동할 수 있다.

[0068] 액적 토출 프린터(306)는 액체 프리커서들을 분배하기 위한 하나 이상의 노즐(예를 들어, 노즐들(309-312))을 갖는 하나 이상의 프린트 헤드(308)를 포함할 수 있다. 도 3a의 실시예에서, 액적 토출 프린터(306A)는 노즐(309)을 갖는 프린트 헤드(308A) 및 노즐(310)을 갖는 프린트 헤드(308B)를 포함한다. 노즐(309)은 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 폴리머와 같은 제1 폴리머 재료를 형성하기 위해 제1 액체 프리커서 조성물을 분배하도록 구성될 수 있는 한편, 노즐(310)은 경질 폴리머, 또는 높은 저장 탄성률 E'를 나타내는 폴리머와 같은 제2 폴리머 재료를 형성하기 위해 제2 액체 프리커서를 분배하는 데에 이용될 수 있다. 액체 프리커서 조성물들은 바람직한 속성들을 갖는 진보된 연마 패드를 형성하기 위해 선택된 위치들 또는 영역들에서 분배될 수 있다. 이러한 선택된 위치들은, 나중에 전자 제어기(305)에 의해 관독되는 CAD 호환 파일로서 저장될 수 있는 타겟 프린팅 패턴을 집합적으로 형성하고, 전자 제어기는 액적 토출 프린터(306)의 노즐들로부터의 액적들의 전달을 제어한다.

[0069] 제어기(305)는 프린팅 스테이션(300)을 포함하는 적층 제조 시스템(350) 내의 컴포넌트들의 제어 및 자동화를 용이하게 하기 위해 일반적으로 이용된다. 제어기(305)는 예를 들어 컴퓨터, 프로그램 가능 로직 제어기 또는 임베디드 제어기일 수 있다. 제어기(305)는 전형적으로 중앙 처리 유닛(CPU)(도시되지 않음), 메모리(도시되지 않음), 및 입력들 및 출력들(I/O)을 위한 지원 회로들(도시되지 않음)을 포함한다. CPU는, 다양한 시스템 기능들, 기관 이동, 챔버 프로세스들을 제어하기 위해 산업용 세팅들에서 이용되고, 지원 하드웨어(예를 들어, 센서들, 모터들, 가열기들 등)를 제어하고, 시스템에서 수행되는 프로세스들을 모니터링하는 임의의 형태의 컴퓨터 프로세서들 중 하나일 수 있다. 메모리는 CPU에 연결되고, 랜덤 액세스 메모리(RAM), 플래시 메모리, 관독 전용 메모리(ROM), 플로피 디스크, 하드 디스크, 또는 임의의 다른 형태의 로컬 또는 원격의 디지털 스토리지와 같은 쉽게 입수가능한 비휘발성 메모리 중 하나 이상일 수 있다. 소프트웨어 명령어들과 데이터는 CPU에 명령하기 위해 메모리 내에 코딩 및 저장될 수 있다. 지원 회로들도 또한 종래의 방식으로 프로세서를 지원하기 위해 CPU에 연결된다. 지원 회로들은 캐시, 전력 공급부들, 클록 회로들, 입력/출력 회로, 서브시스템, 및 그와 유사한 것을 포함할 수 있다. 제어기(305)에 의해 관독가능한 프로그램(또는 컴퓨터 명령어들)은 적층 제조 시스템(350) 내의 컴포넌트들에 의해 어느 태스크가 수행가능한지를 결정한다. 바람직하게는, 프로그램은, 제어기(305)에서 수행되는 다양한 프로세스 태스크들 및 다양한 시퀀스들과 함께, 프린터(306)로부터 전달되는 액적들의 전달과 위치지정, 및 프린팅 스테이션(300) 내에서의 컴포넌트들의 이동, 지지 및/또는 위치지정의 모니터

링, 실행 및 제어에 관련된 태스크들을 수행하기 위한 코드를 포함하는 제어기(305)에 의해 관독가능한 소프트웨어이다.

[0070] 3D 프린팅 후에, 진보된 연마 패드(200)는 적층 제조 시스템(350)의 퇴적 섹션(355) 내에 배치되는 경화 디바이스(320)의 이용에 의해 응고될 수 있다. 경화 디바이스(320)에 의해 수행되는 경화 프로세스는, 프린팅된 연마 패드를 경화 온도로 가열하거나, 패드를 하나 이상의 형태의 전자기 복사 또는 전자 빔 경화에 노출시킴으로써 수행될 수 있다. 일례에서, 경화 프로세스는, 프린팅된 연마 패드를, 가시 광원, 자외선 광원, 및 x-레이스, 또는 경화 디바이스(320) 내에 배치되는 다른 타입의 전자기파 소스와 같은 전자기 복사 소스에 의해 발생된 복사(321)에 노출시킴으로써 수행될 수 있다.

[0071] 적층 제조 프로세스는 상이한 재료들 및/또는 상이한 재료 조성물들로 형성된 불연속 피쳐들을 갖는 진보된 연마 패드들을 제조하기 위한 편리하고 고도로 제어가능한 프로세스를 제공한다. 일 실시예에서, 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 피쳐들, 및/또는 경질 또는 높은 저장 탄성률 E' 피쳐들은 적층 제조 프로세스를 이용하여 형성될 수 있다. 예를 들어, 연마 패드의 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 피쳐들은 프린터(306B)의 노즐(312)로부터 분배되는 폴리우레탄 세그먼트들을 함유하는 제1 조성물로 형성될 수 있고, 연마 패드의 경질 또는 높은 저장 탄성률 E' 피쳐들은 프린터(306A)의 노즐(310)로부터 분배되는 제2 조성물의 액적들로 형성될 수 있다.

[0072] 다른 실시예에서, 제1 연마 요소들(204) 및/또는 제2 연마 요소(들)(206)는 2가지 이상의 조성물의 혼합물로 각각 형성될 수 있다. 일례에서, 제1 조성물은 제1 프린트 헤드, 예컨대 프린트 헤드(308A)에 의해 액적들의 형태로 분배될 수 있고, 제2 조성물은 제2 프린트 헤드, 예컨대 프린터(306A)의 프린트 헤드(308B)에 의해 액적들의 형태로 분배될 수 있다. 다수의 프린트 헤드들로부터 전달된 액적들의 혼합물로 제1 연마 요소들(204)을 형성하는 것은, 제어기(305)에서 발견되는 퇴적 맵(deposition map) 내의 미리 결정된 픽셀들 상에 제1 연마 요소들(204)에 대응하는 픽셀들을 정렬하는 것을 요구/포함한다. 그 후 프린트 헤드(308A)는 제1 연마 요소들(204)이 형성되어야 하는 곳에 대응하는 픽셀들과 정렬될 수 있고, 그 후 미리 결정된 픽셀들 상에 액적들을 분배할 수 있다. 따라서, 진보된 연마 패드는 제1 액적 조성물의 액적들을 퇴적시킴으로써 형성되는 제1 재료 조성물들, 및 제2 액적 조성물의 액적들을 퇴적시킴으로써 형성되는 제2 재료 조성물들을 포함하는 제2 재료로 형성될 수 있다.

[0073] 도 3b는 패드 제조 프로세스 동안의 진보된 연마 패드(200) 및 프린팅 스테이션(300)의 일부의 개략적인 단면도이다. 도 3b에 도시된 바와 같은 프린팅 스테이션(300)은 진보된 연마 패드(200)의 일부를 순차적으로 형성하기 위해 이용되는 2개의 프린터(306A 및 306B)를 포함한다. 도 3b에 도시된 진보된 연마 패드(200)의 부분은 예를 들어 최종적으로 형성된 진보된 연마 패드(200)의 제1 연마 요소(204) 또는 제2 연마 요소들(206) 중 어느 하나의 일부를 포함할 수 있다. 처리 동안, 프린터들(306A 및 306B)은 지지체(302)의 제1 표면에 액적들 "A" 또는 "B"를 각각 전달하고, 그 후 연속하여 층별 프로세스에서 지지체(302) 상에 배치되는 성장하는 연마 패드의 표면에 전달하도록 구성된다. 도 3b에 도시된 바와 같이, 지지체(302) 상에 형성된 제1 층(346) 위에 제2 층(348)이 퇴적된다. 일 실시예에서, 제2 층(348)은 패드 제조 프로세스에서 프린터들(306A 및 306B)의 다운스트림에 배치되는 경화 디바이스(320)에 의해 처리된 제1 층(346) 위에 형성된다. 일부 실시예에서, 프린터들(306A 및 306B) 중 하나 이상이 이전에 형성된 층(346)의 표면(346A) 상에 액적들 "A" 및/또는 "B"를 퇴적하고 있는 동안, 제2 층(348)의 부분들은 경화 디바이스(320)에 의해 동시에 처리될 수 있다. 이 경우, 현재 형성되고 있는 층은 경화 구역(349A)의 양측에 배치되는 처리된 부분(348A) 및 처리되지 않은 부분(348B)을 포함할 수 있다. 처리되지 않은 부분(348B)은, 프린터들(306B 및 306A)을 각각 이용하여 이전에 형성된 층(346)의 표면(346A) 상에 퇴적되는, 분배된 액적들(343 및 347)과 같은 분배된 액적들의 패턴, 예컨대 어레이를 일반적으로 포함한다.

[0074] 도 3c는 이전에 형성된 층(346)의 표면(346A) 상에 배치되는 분배된 액적(343)의 클로즈업 단면도이다. 분배된 액적(343) 내의 재료들의 속성들에 기초하여, 그리고 표면(346A)의 표면 에너지로 인해, 분배된 액적은 표면 장력으로 인해 원래의 분배된 액적(예를 들어, 액적들 "A" 또는 "B")의 크기보다 더 큰 양으로 표면에 걸쳐 확산될 것이다. 분배된 액적의 확산의 양은 이 액적이 표면(346A) 상에 퇴적되는 순간부터 시간의 함수로서 달라질 것이다. 그러나, 매우 짧은 시간 기간(예를 들어, <math>< 1</math> 초) 후에, 액적의 확산은 평형 크기에 도달하고, 평형 접촉 각도 α 를 가질 것이다. 분배된 액적이 표면에 걸쳐 확산되는 것은 성장하는 연마 패드의 표면 상에서의 액적들의 배치의 레졸루션에 영향을 미치고, 따라서 최종 연마 패드의 다양한 영역들 내에서 발견되는 피쳐들 및 재료 조성물들의 레졸루션에 영향을 미친다.

[0075] 일부 실시예에서, 액적들 "A" 및 "B"가 기관의 표면에 접촉하게 된 후 이러한 액적들 중 하나 또는 둘 다를 소

정 시간 기간 동안 노출시켜, 액적이 기관의 표면 상에서 자신의 경화되지 않은 평형 크기로 확산될 기회를 갖기 전에 각각의 액적을 원하는 크기로 경화 또는 "고정(fix)"시키는 것이 바람직하다. 이 경우, 경화 디바이스(320)에 의해, 분배된 액적, 및 이 액적이 배치되는 표면에 공급되는 에너지, 및 액적의 재료 조성은 분배된 액적들 각각의 레졸루션을 제어하도록 조정된다. 그러므로, 3D 프린팅 프로세스 동안 제어하거나 튜닝하기 위한 하나의 중요한 파라미터는 분배된 액적이 배치되는 표면에 대한 이러한 액적의 표면 장력의 제어이다. 일부 실시예에서, 경화 프로세스의 동역학(kinetics)을 제어하고, 산소 억제(oxygen inhibition)를 방지하고/하거나, 액적이 퇴적되는 표면 상에서의 액적의 접촉 각도를 제어하기 위해 하나 이상의 경화 증대 성분(예를 들어, 광개시제)을 액적의 제제에 첨가하는 것이 바람직하다. 경화 증대 성분들은 1) 원하는 양의 전자기 복사에의 초기 노출 동안 분배된 액적 내의 재료에서 발생하는 벌크 경화의 양, 2) 원하는 양의 전자기 복사에의 초기 노출 동안 분배된 액적 내의 재료에서 발생하는 표면 경화의 양, 및 3) 분배된 액적의 표면 경화된 영역에 대한 표면 속성 개질(예를 들어, 첨가제들)의 양을 조절할 수 있는 재료들을 일반적으로 포함할 것이라는 점에 유의한다. 분배된 액적의 표면 경화 영역에 대한 표면 속성 개질의 양은, 분배되고 적어도 부분적으로 경화된 액적의 표면에서 발견되는 경화된 또는 부분적으로 경화된 폴리머의 표면 에너지의 조정을 일반적으로 포함한다.

[0076] 프린팅 프로세스 동안 각각의 분배된 액적을 부분적으로 경화시켜 표면 속성들 및 치수 크기를 "고정"시키는 것이 바람직하다고 밝혀졌다. 액적을 바람직한 크기로 "고정"시키는 능력은, 적층 제조 프로세스 동안 원하는 양의 적어도 하나의 경화 증대 성분을 액적의 재료 조성물에 첨가하고, 경화 디바이스(320)로부터 충분한 양의 전자기 에너지를 전달함으로써 달성될 수 있다. 일부 실시예에서, 가산적 층 형성 프로세스 동안 약 1 mJ/cm²(milli-joule per centimeter squared) 내지 100 mJ/cm², 예컨대 약 10-20 mJ/cm²의 자외선(UV) 광을 액적에 전달할 수 있는 경화 디바이스(320)를 이용하는 것이 바람직하다. UV 복사는, 수은 마이크로파 아크 램프들(mercury microwave arc lamps)(예를 들어, H 전구, H+ 전구, D 전구, Q 전구, 및 V 전구 타입 램프들), 펄스화된 크세논 플래시 램프들, 고효율 UV 발광 다이오드 어레이들, 및 UV 레이저들과 같은 임의의 UV 소스에 의해 제공될 수 있다. UV 복사는 약 170nm 내지 약 500nm의 파장을 가질 수 있다.

[0077] 일부 실시예에서, 분배된 액적들 "A", "B"의 크기는 약 10 내지 약 200 마이크로미터, 예컨대 약 50 내지 약 70 마이크로미터일 수 있다. 액적이 분배되는 기관 또는 폴리머 층의 표면 에너지(다인(dynes))에 종속하여, 경화되지 않은 액적은 약 10 내지 약 500 마이크로미터, 예컨대 약 50 내지 약 200 마이크로미터의 크기(343A)로 표면 상에 그리고 표면에 걸쳐 확산될 수 있다. 일례에서, 이러한 액적의 높이는, 표면 에너지, 습윤(wetting), 및/또는 유동제들(flow agents), 증점제들(thickening agents), 및 계면활성제들과 같은 다른 첨가제들을 포함할 수 있는 수지 프리커서 조성물과 같은 인자들에 종속하여, 약 5 내지 약 100 마이크로미터일 수 있다. 첨가제들에 대한 하나의 소스는 독일 Geretsried의 BYK-Gardner GmbH이다.

[0078] 일부 실시예들에서는, 분배된 액적이 고정될 표면과 접촉하고 나서 약 1초 미만, 예컨대 약 0.5초 미만 내에 분배된 액적이 "고정"되는 것을 허용하도록 광개시제, 액적 조성물 내에서의 광개시제의 양, 및 경화 디바이스(320)에 의해 공급되는 에너지의 양을 선택하는 것이 일반적으로 바람직하다. 분배된 액적을 전달된 경화 에너지에 대한 노출로 인해 부분적으로 경화시키는 데에 걸리는 실제 시간은, 액적이 전달된 복사에 노출되기 전에 표면 상에 상주하는 시간보다 더 길거나 더 짧을 수 있는데, 왜냐하면 분배된 액적의 경화 시간은 경화 소스(320)로부터 제공되는 복사 에너지의 양 및 이 에너지의 파장에 종속할 것이기 때문이다. 일례에서, 120 마이크로미터(μm)의 분배된 액적을 부분적으로 경화시키는 데에 이용되는 노출 시간은 약 10-15 mJ/cm²의 UV 복사의 복사 노출 레벨에 대해 약 0.4 마이크로초(μs)이다. 이러한 짧은 시간 프레임 내에서 액적을 "고정"시키기 위한 노력으로, 진보된 연마 패드의 표면(346A)이 경화 디바이스(320)로부터 전달되는 복사(321)에 노출되는 동안, 액적 토출 프린터(306)의 분배 노즐을 연마 패드의 표면으로부터 짧은 거리에, 예컨대 0.1 내지 10 밀리미터(mm), 또는 심지어는 0.5 내지 1mm에 위치시켜야 한다. 또한, 액적 조성, 이전에 형성된 층의 경화의 양(예를 들어, 이전에 형성된 층의 표면 에너지), 경화 디바이스(320)로부터의 에너지의 양, 및 액적 조성물 내의 광개시제의 양을 제어함으로써, 액적의 접촉 각도 α를 제어하여, 고정된 액적 크기를 제어하고, 따라서 프린팅 프로세스의 레졸루션을 제어할 수 있다는 것이 밝혀졌다. 일례에서, 하부 층의 경화는 약 70% 아크릴레이트 전환의 경화일 수 있다. 고정된, 또는 적어도 부분적으로 경화된 액적은 본 명세서에서 경화된 액적이라고도 지칭된다. 일부 실시예에서, 고정된 액적 크기(343A)는 약 10 내지 약 200 마이크로미터이다. 일부 실시예에서, "고정된" 액적에 대한 동적 접촉 각도(예를 들어, 비평형 접촉 각도)라고도 지칭되는 접촉 각도는 바람직하게는 적어도 50°, 예컨대 55° 초과, 또는 심지어는 60° 초과, 또는 심지어는 70° 초과의 값으로 제어될 수 있다.

[0079] 적층 제조 프로세스에 의해 층 또는 층의 일부를 형성하기 위해 이용되는 픽셀 차트 내의 픽셀들의 레졸루션은

분배된 액적의 평균적인 "고정된" 크기에 의해 정의될 수 있다. 따라서, 층, 또는 층의 일부의 재료 조성은 층, 또는 층의 일부 내의 픽셀들의 총 수 중에서 특정 액적 조성의 액적들을 포함하는 백분율인 "분배된 액적 조성물"에 의해 정의될 수 있다. 일례에서, 형성된 진보된 연마 패드의 층의 소정 영역이 60%의 제1 분배된 액적 조성물의 분배된 액적 조성물을 갖는 것으로서 정의되는 경우, 이 영역 내의 픽셀들의 60% 퍼센트는 제1 재료 조성물을 포함하는 고정된 액적을 포함할 것이다. 층의 일부가 하나보다 많은 재료 조성물을 포함하는 경우들에서, 진보된 연마 패드 내의 영역의 재료 조성을 "재료 조성 비"를 갖는 것으로서 정의하는 것이 또한 바람직할 수 있다. 재료 조성 비는, 제1 재료 조성물이 위에 배치되어 있는 픽셀들의 개수 대 제2 재료 조성물이 위에 배치되어 있는 픽셀들의 개수의 비율이다. 일례에서, 소정 영역이 표면의 소정 면적에 걸쳐 배치되는 1,000개의 픽셀을 포함하는 것으로서 정의되었고, 픽셀들 중 600개는 제1 액적 조성물의 고정된 액적을 포함하고, 픽셀들 중 400개는 제2 액적 조성물의 고정된 액적을 포함하는 경우, 재료 조성 비는 제1 액적 조성물 대 제2 액적 조성물의 3:2 비율을 포함할 것이다. 각각의 픽셀이 하나보다 많은 고정된 액적(예를 들어, 픽셀 당 1.2 액적)을 포함할 수 있는 구성들에서, 재료 조성 비는 정의된 영역 내에서 발견되는 제1 재료의 고정된 액적들의 개수 대 제2 재료의 고정된 액적들의 개수의 비율에 의해 정의된다. 일례에서, 영역이 1,000개의 픽셀을 포함하는 것으로서 정의되었고, 이 영역 내에 제1 액적 조성물의 800개의 고정된 액적 및 제2 액적 조성물의 400개의 고정된 액적이 존재하는 경우, 진보된 연마 패드의 이러한 영역에 대해 재료 조성 비는 2:1일 것이다.

[0080] 다음의 하부 층을 형성하는 분배된 액적의 표면의 경화의 양은 중요한 연마 패드 형성 프로세스 파라미터인데, 왜냐하면 이러한 "초기 도즈(initial dose)"에서의 경화의 양은 분배된 액적들의 후속 층이 적층 제조 프로세스 동안 노출될 표면 에너지에 영향을 미치기 때문이다. 초기 경화 도즈의 양도 또한 중요한데 왜냐하면 각각의 퇴적된 층 위에 후속 퇴적 층들이 형성될 때 이러한 후속 퇴적 층들을 통해 공급되는 추가적인 투과된 경화 복사에 각각의 퇴적된 층이 반복적으로 노출되는 것으로 인해, 초기 경화 도즈의 양은 형성된 연마 패드에서 각각의 퇴적된 층이 최종적으로 달성할 경화의 양에도 또한 영향을 미칠 것이기 때문이다. 일반적으로, 형성된 층의 과다 경화(over curing)를 방지하는 것이 바람직한데, 왜냐하면 이러한 과다 경화는 후속 단계들에서 후속하여 퇴적되는 분배된 액적들에 대한 경화된 층의 표면의 습윤성(wettability) 및/또는 과다 경화된 재료들의 재료 속성들에 영향을 미칠 것이기 때문이다. 일례에서, 분배된 액적들의 10-30 마이크론 두께의 층의 중합을 시행하는 것은, 각각의 액적을 표면 상에 분배하고, 그 후 분배된 액적을 약 0.1초 내지 약 1초의 시간 기간이 경과한 후에 약 10 내지 약 15 mJ/cm²의 복사 노출 레벨에서 UV 복사에 노출시키는 것에 의해 수행될 수 있다. 그러나, 일부 실시예에서, 초기 경화 도즈 동안 전달되는 복사 레벨은 층별로 달라질 수 있다. 예를 들어, 상이한 층들에서의 상이한 분배된 액적 조성물들로 인해, 각각의 초기 도즈에서의 UV 복사 노출의 양은 현재 노출되는 층 및 또한 하부 층들 중 하나 이상에서의 바람직한 경화 레벨을 제공하도록 조정될 수 있다.

[0081] 일부 실시예에서, 분배된 액적들의 퇴적된 층이 경화 디바이스(320)에 의해 제공되는 에너지에 직접 노출되어 이 층이 원하는 양만큼 부분적으로만 경화하게 하는 단계인 초기 경화 단계 동안, 경화 디바이스(320)로부터 전달되는 에너지의 양 및 액적 조성을 제어하는 것이 바람직하다. 일반적으로, 형성된 층의 표면 에너지를 제어하는 것은 분배된 액적 크기를 제어하는 데에 중요하므로, 초기 경화 프로세스는 분배된 액적의 벌크 경화에 비해 분배된 액적의 표면 경화를 우선하게 하는 것이 바람직하다. 일례에서, 분배된 액적이 부분적으로 경화되는 양은 분배된 액적 내의 재료들의 화학적 전환의 양에 의해 정의될 수 있다. 일례에서, 우레탄 폴리아크릴레이트 함유 층을 형성하는 데에 이용되는 분배된 액적에서 발견되는 아크릴레이트들의 전환은 다음의 수학적 식에 의해 계산되는 백분율 x 에 의해 정의되는데:

$$x = 1 - \frac{(A_{C=C}/A_{C=O})_x}{(A_{C=C}/A_{C=O})_0}$$

[0082] 여기서, $A_{C=C}$ 및 $A_{C=O}$ 는 FT-IR 분광법을 이용하여 발견되는 910 cm⁻¹에서의 C=C 피크 및 1700 cm⁻¹에서의 C=O 피크들의 값들이다. 중합 동안, 아크릴레이트 내의 C=C 결합은 C-C 결합으로 전환되는 한편, 아크릴레이트 내의 C=O는 전환되지 않는다. 따라서, C=C 대 C=O의 강도는 아크릴레이트 전환율을 표시한다. $A_{C=C}/A_{C=O}$ 비율은 경화된 액적 내에서의 C=C 대 C=O 결합들의 상대적인 비율을 지칭하고, 따라서 $(A_{C=C}/A_{C=O})_0$ 는 액적 내의 $A_{C=C}$ 대 $A_{C=O}$ 의 초기 비율을 나타내는 한편, $(A_{C=C}/A_{C=O})_x$ 는 액적이 경화된 후의 기관의 표면 상에서의 $A_{C=C}$ 대 $A_{C=O}$ 의 비율을 나타낸다. 일부 실시예에서, 층이 초기에 경화되는 양은 분배된 액적의 약 70% 이상일 수 있다. 일부 구성들에서는, 분배된 액적의 타겟 접촉 각도가 달성될 수 있도록, 약 70% 내지 약 80%의 레벨로, 경화 에너지에의 분배된 액적의 초기 노출 동안, 분배된 액적 내의 재료를 부분적으로 경화시키는 것이 바람직할 수 있다. 최상부

표면 상의 경화되지 않은 또는 부분적인 아크릴레이트 재료들은 후속 액적들과 공중합되고, 따라서 층들 간의 응집을 산출하는 것으로 여겨진다.

[0084] 잔류 아크릴 기들(residual acrylic groups)과 같은 잔류 미결합 기들(residual unbonded groups)의 존재로 인해, 초기 층 형성 단계 동안 분배된 액적을 부분적으로 경화시키는 프로세스는 또한 후속 퇴적 층들 사이에 소정의 화학적 결합/부착이 존재하는 것을 보장하는 데에 중요할 수 있다. 잔류 미결합 기들은 중합되지 않았으므로, 이들은 후속 퇴적 층과의 화학적 결합들을 형성하는 데에 관련될 수 있다. 따라서, 층들 간의 화학적 결합들의 형성은, 패드 형성 프로세스 동안 층별 성장의 방향(예를 들어, 도 3b에서 Z 방향)에서, 형성된 진보된 연마 패드의 기계적 강도를 증가시킬 수 있다. 위에서 언급된 바와 같이, 따라서, 층들 사이의 결합은 물리적 힘 및/또는 화학적 힘 둘 다에 의해 형성될 수 있다.

[0085] 튜닝가능한 속성들을 개별적으로 갖는 층들을 형성하고, 형성된 층들의 조성물인 바람직한 패드 속성들을 갖는 연마 패드를 형성하기 위해, 분배된 액적의 혼합물, 또는 분배된 액적들의 위치지정이 층별로 조정될 수 있다. 일례에서, 도 3b에 도시된 바와 같이, 분배된 액적들의 혼합물은 분배된 액적들(343 및 347)의 50:50 비율(또는 1:1의 재료 조성 비)을 포함하고, 여기서 분배된 액적(343)은 분배된 액적(347)에서 발견되는 재료와는 상이한 적어도 하나의 재료를 포함한다. 제1 연마 요소들(204) 및/또는 제2 연마 요소들(206)과 같은 연마 바디(202)의 부분들의 속성들은 퇴적 프로세스 동안 분배된 액적들의 위치지정으로부터 형성되는 제1 조성물 및 제2 조성물의 비율 및/또는 분포에 따라 조정되거나 튜닝될 수 있다. 예를 들어, 제1 조성물의 중량%는 총 조성물 중량을 기준으로 하여 약 1 중량% 내지 총 조성물 중량을 기준으로 하여 약 100%일 수 있다. 유사한 방식으로, 제2 조성물은 총 조성물 중량을 기준으로 하여 약 1 중량% 내지 총 조성물 중량을 기준으로 하여 약 100%일 수 있다. 경도 및/또는 저장 탄성률과 같이 요구되는 재료 속성들에 종속하여, 2가지 이상의 재료의 조성물들이 상이한 비율들로 혼합되어 원하는 효과를 달성할 수 있다. 일 실시예에서, 제1 연마 요소들(204) 및/또는 제2 연마 요소들(206)의 조성은 적어도 하나의 조성물 또는 조성물들의 혼합물, 및 하나 이상의 프린터에 의해 분배되는 액적들의 크기, 위치, 및/또는 밀도를 선택함으로써 제어된다. 그러므로, 제어기(305)는, 형성되고 있는 연마 패드의 표면 상에 원하는 밀도 및 패턴으로 위치된 상호맞물린 액적들(interdigitated droplets)을 갖는 층을 형성하기 위해 노즐들(309-310, 311-312)을 위치시키도록 일반적으로 적용되어 있다. 일부 구성에서, 분배된 액적들은 각각의 방울(drop)이 다른 방울들과 블렌딩되지 않는 위치에 배치되고, 따라서 각각의 방울이 경화되기 전에 불연속적인 재료 "아일랜드(island)"로 남아있는 것을 보장하는 방식으로 퇴적될 수 있다. 일부 구성에서, 분배된 액적들은, 구축 속도(build rate)를 증가시키거나 재료 속성들을 블렌딩하기 위해, 동일 층 내의 이전 분배된 액적들의 최상부 상에 또한 배치될 수 있다. 표면 상에서의 서로에 대한 액적들의 배치는 또한 층에서의 분배된 액적들 각각의 부분적인 혼합 거동을 허용하도록 조정될 수 있다. 일부 경우들에서, 이웃하는 액적들 내의 성분들의 더 많은 혼합 또는 더 적은 혼합을 각각 제공하기 위해, 액적들을 함께 더 가깝게 또는 더 멀리 떨어지게 배치하는 것이 바람직할 수 있다. 다른 분배된 액적들에 대한 액적 배치 및 각각의 액적의 조성을 제어하는 것은 형성된 진보된 연마 패드의 기계적 및 연마 속성들에 대해 영향을 미칠 수 있는 것으로 밝혀졌다.

[0086] 본 명세서에서는 제1 연마 요소들(204) 및/또는 제2 연마 요소들(206)을 형성하기 위해 2가지 조성물만이 일반적으로 논의되지만, 본 개시내용의 실시예들은 조성 경사들을 통해 상호연결되는 복수의 재료들을 이용하여 연마 패드 상에 피쳐들을 형성하는 것을 포괄한다. 일부 구성에서, 연마 패드에서의 제1 연마 요소들(204) 및/또는 제2 연마 요소들(206)의 조성은, 아래에 추가로 논의되는 바와 같이, 연마 패드의 두께를 통하여 그리고/또는 연마 표면에 평행한 평면 내에서 조정된다.

[0087] 조성 경사들을 형성하는 능력과 진보된 연마 패드 내에서, 그리고 진보된 연마 패드에 걸쳐 통해 국부적으로 화학적 함량을 튜닝하는 능력은 도 3b에 예시된 액적들 "A" 및/또는 "B"를 형성하는 데 이용되는 3D 프린팅 분야들에서 "잉크 분사가능한(ink jettable)" 저점도 조성물들, 또는 저점도 "잉크들"에 의해 가능해진다. 저점도 잉크들은 "예비-폴리머(pre-polymer)" 조성물들이고 패드 바디(202)에서 발견되는 형성된 제1 연마 요소들(204) 및 제2 연마 요소들(206)에 대한 "프리커서들"이다. 저점도 잉크들은 종래의 기술들(예를 들어, 성형 및 캐스팅)에 의해서는 이용가능하지 않은 매우 다양한 화학물질들 및 불연속 조성물들의 전달을 가능하게 하고, 따라서 제어된 조성 전이들 또는 경사들이 패드 바디(202)의 상이한 영역들 내에 형성되는 것을 가능하게 한다. 이것은 점도 희석 반응성 희석제들(viscosity thinning reactive diluents)을 고점도 관능성 올리고머들에 첨가 및 혼합하여 적절한 점도 제제를 달성하고, 그에 후속하여, 경화 디바이스(320)에 의해 전달되는 경화 에너지에 노출될 때 희석제(들)를 더 고점도의 관능성 올리고머들과 공중합하는 것에 의해 달성된다. 반응성 희석제들은 또한 용매의 역할을 할 수 있고, 따라서 각각의 단계에서 제거되어야 하는 불활성의 비반응성 용매들 또는 희석

제들(thinners)의 이용을 제거할 수 있다.

[0088] 도 3a의 프리커서 전달 섹션(353) 및 프리커서 체제 섹션(354)을 참조하면, 일 실시예에서, 제1 프리커서(356)를 제2 프리커서(357) 및 희석제(358)와 혼합하여 제1 프린팅 가능 잉크 조성물(359)을 형성하고, 이 잉크 조성물은 프린터(306B)의 저장소(304B)에 전달되고, 연마 바디(202)의 부분들을 형성하기 위해 이용된다. 유사하게, 제3 프리커서(366)를 제4 프리커서(367) 및 희석제(368)와 혼합하여 새로운 제2 프린팅 가능 잉크 조성물(369)을 형성할 수 있고, 이 잉크 조성물은 프린터(306A)의 저장소(304A)에 전달되고, 연마 바디(202)의 다른 부분을 형성하기 위해 이용된다. 일부 실시예에서, 제1 프리커서(356) 및 제3 프리커서(366)는 각각 올리고머, 예컨대 다관능성 올리고머를 포함하고, 제2 프리커서(357) 및 제4 프리커서(367)는 각각 다관능성 모노머를 포함하고, 희석제(358) 및 희석제(368)는 각각 반응성 희석제(예를 들어, 모노머) 및/또는 개시제(예를 들어, 광개시제)를 포함한다. 제1 프린팅 가능 조성물(359)의 일례는, 25°C에서 약 1000 센티포아즈(cP) 내지 25°C에서 약 12,000 cP의 점도를 가질 수 있는 지방족 사슬 세그먼트들을 포함하는 반응성 이관능성 올리고머를 포함하는 제1 프리커서(356)를 포함할 수 있고, 이는 그 후 모노아크릴레이트와 같은 25°C에서 10 cP를 갖는 반응성 희석제(예를 들어, 희석제(358))와 혼합되고 따라서 그에 의해 희석되어, 새로운 점도를 갖는 새로운 조성물을 생성한다. 이와 같이 획득되는 프린팅 가능 조성물은 25°C에서 약 80 cP 내지 약 110 cP의 점도, 및 70°C에서 약 15 cP 내지 약 30 cP의 점도를 나타낼 수 있고, 이것은 3D 프린터 잉크젯 노즐로부터 효과적으로 분배될 수 있다.

[0089] 도 4a 내지 도 4f는 연마 바디의 하나 이상의 영역에 걸쳐 조성 경사를 포함하는 진보된 연마 패드들의 예들을 제공한다. 도 4a 내지 도 4d에서, 백색 픽셀 마크들은 제1 재료의 분배된 액적이 분배되는 곳을 개략적으로 예시하기 위해 의도되는 한편, 흑색 픽셀 마크들은 연마 패드를 형성하기 위해 이용되는 하나 이상의 층 내에 어떠한 재료도 분배되지 않는 곳을 예시한다. 이러한 기술들의 이용에 의해, 완전한 연마 패드의 적어도 일부를 형성하기 위해 이용되는 프린팅된 층들에는, 경화된 재료, 또는 복수의 경화된 액적들에 의해 형성되는 재료에서의 조성 경사들이 형성될 수 있다. 연마 패드 내의 프린팅된 층들의 맞춤형된 조성은 연마 패드의 전체적인 기계적 속성들을 조정하고 맞춤화하는 데에 이용될 수 있다. 연마 피쳐들의 조성은 임의의 적합한 패턴으로 달라질 수 있다. 본 명세서에 설명된 연마 패드들은 2가지 종류의 재료로 형성되는 것으로 도시되어 있지만, 3가지 이상의 종류의 재료를 포함하는 연마 패드들도 본 개시내용의 범위 내에 있으므로, 이러한 구성은 본 명세서에 제공된 본 개시내용의 범위를 제한하는 것으로 의도되지는 않는다. 도 2a 내지 도 2k의 연마 패드들과 같은 연마 패드의 임의의 설계들에서의 연마 피쳐들의 조성들은 도 4a 내지 도 4f의 연마 패드들과 유사한 방식으로 달라질 수 있다는 점에 유의해야 한다.

[0090] 도 4a 및 도 4b는 제1 연마 요소들(204) 및 제2 연마 요소(들)(206)의 부분들을 포함하는 진보된 연마 패드 내의 프린팅된 층의 픽셀 차트들을 반영하는 흑백 비트맵 이미지들이다. 도 4a 및 도 4b에서, 백색 픽셀 마크들은 제1 재료의 액적이 분배되는 곳인 한편, 흑색 픽셀 마크들은 어떠한 재료도 분배 및 경화되지 않는 곳이다. 도 4a는 진보된 연마 패드(200) 내의 층의 제1 부분의 픽셀 차트(400a)이고, 도 4b는 동일한 진보된 연마 패드의 제2 부분의 픽셀 차트(400b)이다. 제1 부분은 픽셀 차트(400a)에 따라 제1 프린트 헤드에 의해 분배될 수 있고, 제2 부분은 픽셀 차트(400b)에 따라 제2 프린트 헤드에 의해 분배될 수 있다. 2개의 프린트 헤드는 픽셀 차트들(400a, 400b)을 함께 중첩하여, 불연속 연마 피쳐들을 포함하는 하나 이상의 층을 형성한다. 연마 패드의 에지 영역 근처에 있는 연마 피쳐들은 제2 재료보다 제1 재료를 더 많이 포함한다. 연마 패드의 중심 영역 근처에 있는 연마 피쳐들은 제1 재료보다 제2 재료를 더 많이 포함한다. 이러한 예에서, 각각의 연마 피쳐는 제1 재료와 제2 재료의 고유한 조합을 갖는다. 일례에서, 제1 연마 요소들(204)은 제1 재료와 제2 재료의 제1 조합을 포함하고, 제2 연마 요소들(206)은 제1 재료와 제2 재료의 상이한 제2 조합을 포함한다. 그러므로, 픽셀 차트들의 이용에 의해, 연마 바디는 진보된 연마 패드의 원하는 연마 성능을 달성하기 위해 연마 바디의 상이한 부분들에서 재료 조성의 원하는 경사가 달성되도록 순차적으로 형성될 수 있다.

[0091] 도 4c 및 도 4d는 피쳐들을 갖는 연마 패드의 개략적인 픽셀 차트들(400c, 400d)이다. 일부 실시예에서, 도 4c는 연마 패드의 제1 부분의 픽셀 차트(400c)이고, 도 4d는 동일한 연마 패드의 제2 부분의 픽셀 차트(400d)이다. 도 4c 및 도 4d에 따른 연마 패드는, 연마 바디의 재료 조성에서의 경사가 연마 패드에 걸쳐 좌측과 우측 간에 달라진다는 점을 제외하면, 도 4a 및 도 4b의 연마 패드와 유사하다.

[0092] 도 4e는 연마 표면(208)에 걸쳐(예를 들어, Y 방향) 재료 조성의 경사를 갖는 연마 표면(208)을 형성하기 위해 적층 제조 프로세스를 이용하여 형성되는 웹 기반 연마 패드(400e)의 개략도이다. 도 4e에 도시된 바와 같이, 연마 재료는 제1 롤(481)과 제2 롤(482) 사이에서 플래튼(102) 위에 배치될 수 있다. 높은 저장 탄성률 및 낮은 저장 탄성률의 상이한 영역들을 갖는 웹, 또는 심지어는 표준 연마 패드를 구축함으로써, 연마 프로세스의

각각의 단계 동안 원하는 기계적 속성들을 제공하기 위해 기관은 연마 프로세스의 상이한 부분 동안 연마 패드 (400e) 상의 상이한 위치들 위에서 이동될 수 있다. 일례는 높은 탄성률을 갖는 연마 패드(400e)의 평탄화 부분을 이용하여 기관의 초기 표면 텍스처를 급속하게 제거하고, 그 후 기관을 더 낮은 탄성률을 갖는 연마 패드 (400e)의 제2 부분으로 이동시켜 기관 표면을 버핑하고 스크래치 결함들을 감소시키는 것을 수반할 수 있다.

[0093] 도 4f는 Z 방향으로 재료 조성의 경사를 갖는 연마 베이스 층(491)을 형성하기 위해 적층 제조 프로세스를 이용하여 형성된 진보된 연마 패드(400f)의 개략적인 측면도이다. 연마 베이스 층(491)의 적층된 프린팅된 층들의 재료 속성들 및/또는 재료 조성의 경사들은 한 방향에서 제2 재료에 대해 제1 재료가 고 농도로부터 저 농도로 변화할 수 있거나, 그 반대일 수 있다. 일부 경우들에서, 연마 패드 내의 하나 이상의 영역은, 상이한 재료 속성들을 갖는 적어도 2가지 재료의 고/저/고 또는 저/고/저 농도 경사와 같이, 더 복합적인 농도 경사들을 포함할 수 있다. 일례에서, 농도 경사를 형성하는 적어도 2가지 재료는 상이한 저장 탄성률 E', E'30/E'90 비율, 탄젠트 델타 또는 다른 유사한 파라미터를 갖는다. 일부 구성에서, 진보된 연마 패드(400f)는, 제1 연마 요소 (204) 및 제2 연마 요소(206)를 적어도 포함하는 불연속 영역들을 포함할 수 있는 연마 요소 영역(494)을 포함할 수 있다. 일례에서, 연마 요소 영역(494)은 도 2a 내지 도 2k에 도시된 구조물들 중 하나 이상을 포함하는 연마 바디(202)의 일부를 포함할 수 있다.

[0094] 일 실시예에서, 베이스 층(491)은 베이스 층(491) 내에 형성된 각각의 층 내에서 2가지 이상의 상이한 재료의 균질 혼합물을 포함한다. 일례에서, 균질 혼합물은 베이스 층(491) 내에 형성되는 각각의 층에 제1 연마 요소 (204) 및 제2 연마 요소(206)를 형성하기 위해 이용되는 재료들의 혼합물을 포함할 수 있다. 일부 구성에서, 층 성장 방향(예를 들어, 도 3b의 Z 방향)으로 재료 조성의 경사를 형성하기 위해 재료들의 균질 혼합물의 조성을 층별로 변화시키는 것이 바람직하다. 균질 혼합물이라는 어구는, 각각의 층 내에 적어도 2가지 상이한 조성물을 갖는 프린팅된 액적들을 분배하고 경화시킴으로써 형성되었고, 따라서 원하는 레졸루션으로 크기가 각각 정해지는 적어도 2가지 상이한 조성물의 작은 영역들의 혼합물을 포함할 수 있는 재료를 일반적으로 설명하기 위해 의도된다. 연마 베이스 층(491)과 연마 요소 영역(494) 사이의 계면은 연마 베이스 층(491)의 상부 표면 및 연마 요소 영역(494)의 하부 표면에서 발견되는 재료들의 균질 블렌드를 포함할 수 있거나, 또는 연마 요소 영역(494)의 제1 퇴적된 층 내의 상이한 재료 조성물이 연마 베이스 층(491)의 표면 상에 직접 퇴적되는 불연속 전이(discrete transition)를 포함할 수 있다.

[0095] 연마 요소 영역(494), 또는 더 일반적으로는 위에서 설명된 연마 바디들(202) 중 임의의 것의 일부 실시예들에서는, 연마 패드의 연마 표면에 수직인 방향으로 제1 연마 요소들(204) 및/또는 제2 연마 요소들(206) 내에 재료 조성의 경사를 형성하는 것이 바람직하다. 일례에서, (예를 들어, 연마 표면의 반대편의) 연마 패드의 베이스 근처의 프린팅된 층들 내에서 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 피쳐들을 형성하기 위해 이용되는 재료 조성물의 더 높은 농도들을 갖고, 연마 패드의 연마 표면 근처의 프린팅된 층들 내에서 경질 또는 높은 저장 탄성률 E' 피쳐들을 형성하기 위해 이용되는 재료 조성물의 더 높은 농도들을 갖는 것이 바람직하다. 다른 예에서, 연마 패드의 베이스 근처의 프린팅된 층들 내에서 경질 또는 높은 저장 탄성률 E' 피쳐들을 형성하기 위해 이용되는 재료 조성물의 더 높은 농도들을 갖고, 연마 패드의 연마 표면 근처의 프린팅된 층들 내에서 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 피쳐들을 형성하기 위해 이용되는 재료 조성물의 더 높은 농도들을 갖는 것이 바람직하다. 낮은 저장 탄성률 E'를 이용하는 표면 피쳐들은 결함 제거 및 스크래치 감소를 위해 이용될 수 있고, 높은 저장 탄성률 E' 피쳐들은 다이 및 어레이 스케일 평탄화를 증대시키기 위해 이용될 수 있다.

[0096] 일 실시예에서, 연마 패드의 연마 표면에 수직인 방향으로 제1 및/또는 제2 연마 요소들을 형성하기 위해 이용되는 재료 내에서 재료 조성의 경사를 형성하는 것이 바람직하다. 일례에서, (예를 들어, 연마 표면의 반대편의) 연마 패드의 베이스 근처의 프린팅된 층들 내에서 제2 연마 요소들(206)을 형성하기 위해 이용되는 재료 조성물의 더 높은 농도들을 갖고, 연마 패드의 연마 표면 근처의 프린팅된 층들 내에서 제1 연마 요소들(204)을 형성하기 위해 이용되는 재료 조성물의 더 높은 농도들을 갖는 것이 바람직하다. 다른 예에서, 연마 패드의 베이스 근처의 프린팅된 층들 내에서 제1 연마 요소들(204)을 형성하기 위해 이용되는 재료 조성물의 더 높은 농도들을 갖고, 연마 패드의 연마 표면 근처의 프린팅된 층들 내에서 제2 연마 요소들(206)을 형성하기 위해 이용되는 재료 조성물의 더 높은 농도들을 갖는 것이 바람직하다. 예를 들어, 제1 층은 1:1의 제1 프린팅된 조성물 대 제2 프린팅된 조성물의 재료 조성 비율을 가질 수 있고, 제2 층에서는 2:1의 제1 프린팅된 조성물 대 제2 프린팅된 조성물의 재료 조성 비율을 가질 수 있고, 제3 층에서는 3:1의 제1 프린팅된 조성물 대 제2 프린팅된 조성물의 재료 조성 비율을 가질 수 있다. 일례에서, 제1 프린팅된 조성물은 제2 프린팅된 조성물보다 더 높은 저장 탄성률 E'를 포함하는 재료를 갖고, 제1, 제2 및 제3 층들의 순차적인 성장의 방향은 진보된 연마 패드의 지지 표면으로부터 멀어지는 방향이다. 경사는 퇴적된 층의 평면 내에서의 프린팅된 액적들의 배치를 조정함으로써 단일

층의 상이한 부분들 내에 또한 형성될 수 있다.

[0097] 진보된 연마 패드 형성 프로세스의 예

[0098] 일부 실시예에서, 진보된 연마 패드(200)의 구성은 연마 패드 설계의 CAD 모델을 생성하는 것에 의해 시작된다. 이것은 Unigraphics 또는 다른 유사한 소프트웨어와 같은 기존의 CAD 설계 소프트웨어의 이용을 통해 행해질 수 있다. 그 후, 진보된 연마 패드 설계가 설계 요건들(예를 들어, 수밀(water tight), 질량 밀도)을 충족시키는 것을 보장하기 위해, 모델링 소프트웨어에 의해 발생하는 출력 파일이 분석 프로그램으로 로딩된다. 그 후, 출력 파일이 렌더링된 다음, 3D 모델은 일련의 2D 데이터 비트맵들, 또는 픽셀 차트들로 "슬라이싱"된다. 위에서 언급된 바와 같이, 2D 비트맵들, 또는 픽셀 차트들은 X 및 Y 평면에 걸쳐 진보된 연마 패드 내의 층들이 구축될 위치들을 정의하기 위해 이용된다. 일부 적층 제조 프로세스 응용들에서, 이러한 위치들은 레이저가 펄싱할 곳을 정의할 것이고, 다른 응용들에서는 노즐이 재료의 액적을 토출할 위치를 정의할 것이다.

[0099] 픽셀 차트들에서 발견되는 좌표들은, 경화되지 않은 폴리머의 특정 액적이 예를 들어 폴리젯 프린트 헤드를 이용하여 배치될 위치를 정의하기 위해 이용된다. X 및 Y 위치에 대한 모든 좌표 및 주어진 패드 지지 Z 스테이지 위치는 픽셀 차트들에 기초하여 정의될 것이다. 각각의 X, Y 및 Z 위치는 액적 분배 또는 액적 비분배 조건 중 어느 하나를 포함할 것이다. 프린트 헤드들은 구축 속도를 증가시키거나 추가적인 타입의 재료들을 퇴적시키기 위해 X 및/또는 Y 방향으로 어레이로 어셈블링될 수 있다. 도 4a 내지 도 4d에 도시된 예들에서, 흑색 픽셀들은 노즐들이 재료들을 퇴적시키지 않을 위치들을 표시하고, 백색 픽셀들은 노즐들이 재료들을 퇴적시킬 곳을 표시한다. 각각의 형성된 층에서 재료 맵들 또는 픽셀 차트들을 결합함으로써, 임의의 바람직한 형상 또는 구조적 구성의 연마 패드가 불연속 액적들을 서로의 근처에 위치지정하는 것에 의해 프린팅될 수 있다.

[0100] 3D 프린터와 같은 적층 제조 디바이스는, 열가소성 폴리머들의 퇴적, 감광성 수지 프리커서 조성물들의 퇴적 및 경화, 및/또는 분배된 분말 층의 레이저 펄스 타입 소결 및 용융에 의해 진보된 연마 패드를 형성하기 위해 이용될 수 있다. 일부 실시예에서, 진보된 연마 패드 형성 프로세스는 UV 감응성 재료들을 폴리젯 프린팅하는 방법을 포함할 수 있다. 이러한 구성에서, 프리커서 체제(예를 들어, 제1 프린팅 가능 잉크 조성물(359))의 액적들은 액적 토출 프린터(306)의 노즐로부터 토출되고, 수지 프리커서 조성물이 구축 스테이지 상에 퇴적된다. 재료가 노즐들의 어레이로부터 퇴적됨에 따라, 재료는 방울들을 평탄한 막 층으로 평활화하거나 파잉 재료를 멀리 이송하기 위한 롤러 또는 다른 수단을 이용하여 레벨링될 수 있다. 액적이 분배되고 있는 동안, 그리고/또는 그 직후에, UV 램프 또는 LED 복사 소스가 퇴적된 층 위로 지나가서, 분배된 액적들을 고체 폴리머 네트워크로 경화 또는 부분적으로 경화시킨다. 일부 실시예에서, 하나 또는 이상의 분배된 액적을 실질적으로 또는 부분적으로 경화시키도록 구체적으로 맞춤형된 좁은 방출 파장 범위 및/또는 좁은 스폿 크기를 갖고, 따라서 형성된 진보된 연마 패드의 다른 주변의 영역들 또는 사전 형성된 층들에 부정적인 영향을 미치지 않는 단색 광원(예를 들어, LED 광원)이 이용된다. 일부 실시예에서, 단색 광원은 100nm 내지 500nm, 예컨대 약 170nm 내지 400nm의 범위 내의 광의 파장들을 전달하도록 구성된다. 일례에서, UV LED 소스는 240nm, 254nm, 365nm, 385nm, 395nm 또는 405nm 파장들의 중심 파장에서 +/-10nm의 대역 내의 UV 광을 전달하도록 구성된다. 이러한 프로세스는 패드 모델의 최종 실시예가 기계적으로 건전(sound)하다는 것을 보장하기 위해, 층 내의 그리고 층들 사이의 적절한 응집으로 층의 최상부 상에 층을 구축한다.

[0101] 구축 프로세스를 통하여 폴리머 응력을 더 양호하게 제어하기 위해, 층들 중 하나 이상의 형성 동안 열이 추가될 수 있다. 열의 전달은 각각의 경화된 또는 부분적으로 경화된 층에 형성된 폴리머 네트워크가 완료되고, 그에 의해 막 내에서 응력을 감소시키고 응력 이력을 제거하는 것을 허용한다. 막 내의 응력은 연마 패드 형성 프로세스 동안 또는 연마 패드 형성 프로세스 후에 연마 패드의 원하지 않는 변형을 초래할 수 있다. 부분적으로 형성된 연마 패드가 프린터의 구축 트레이 상에 있는 동안 이 연마 패드를 가열하면, 최종 패드 속성들이 층별 프로세스를 통해 설정되고, 예측가능한 패드 조성 및 연마 결과가 달성될 수 있다는 것이 보장된다. 연마 패드 형성 프로세스에 열을 유도하는 것에 추가하여, 성장하는 연마 패드를 둘러싸는 영역은 경화되지 않은 수지에 산소 노출을 감소시키도록 개질될 수 있다. 이것은 진공을 이용하는 것에 의해, 또는 질소(N₂)나 다른 불활성 가스로 구축 챔버를 플라딩하는 것에 의해 행해질 수 있다. 성장하는 패드 위의 산소의 감소는 자유 라디칼 중합 반응의 억제력을 감소시킬 것이고, 분배된 액적들의 더 완전한 표면 경화를 보장한다.

[0102] 적층 제조에 의한 다공성 형성

[0103] 일부 실시예에서, 형성된 진보된 연마 패드(200)는 예를 들어 제1 또는 제2 연마 요소들 또는 전체적인 패드 내의 형성된 층의 속성들이 바람직한 열적 및/또는 기계적 속성들을 갖도록 바람직한 분포 또는 패턴으로 단일 패드 바디(202) 내에 형성되는 공극들을 포함한다. 따라서, 적층 제조 프로세스를 통해, 패드 바디의 부분들 내

에 다양한 재료(들) 및 형성된 다공성의 조성을 맞춤화함으로써, 진보된 연마 패드의 하나 이상의 영역의 속성들이 제어될 수 있다. 형성된 패드의 적어도 표면에 다공성을 형성하는 것은 패드 상의 슬러리 및 슬러리 나노 입자(예를 들어, 산화 세륨 및 이산화 규소) 로딩과의 패드 표면 상호작용을 증가시키는 데 도움을 줄 것이고, 이는 연마 제거율을 증대시키고 CMP 프로세스들에서 전형적으로 발견되는 통상의 웨이퍼 간 제거율 편차들을 감소시킬 수 있는 것으로 여겨진다.

[0104] 도 5a는 본 개시내용의 하나 이상의 구현에 따른 공극 형성 영역들을 포함하는 연마 패드의 제1 또는 제2 연마 요소의 층(522)(도 5b)의 영역(500)을 형성하는 데 사용되는 픽셀 차트의 개략적인 평면도를 예시한다. 이러한 예에서, 픽셀 차트는 제1 프린트 헤드로부터 표면 상으로의 다공성 형성제(504)(도 5b)의 하나 이상의 액적을 분배한 다음 적어도 하나의 제2 프린트 헤드로부터 하나 이상의 수지 프리커서 조성물의 액적들을 분배함으로써 형성되는 재료를 포함하는 하나 이상의 구조 재료 함유 영역(501)을 갖는 공극 형성 영역들(502)을 적어도 부분적으로 둘러싸으로써 형성되는 공극 형성 영역들(502)의 직사각형 패턴을 포함한다. 그 후 나중에, 다공성 형성제(504)를 후처리 단계에서 또는 연마 프로세스 동안 제거하여 연마 패드의 하나 이상의 층에 공극들을 형성할 수 있다. 일례에서, 다공성 형성제 재료는 연마 패드가 CMP 연마 프로세스에서 사용될 때 형성된 진보된 연마 패드(200)로부터 제거된다. 이러한 예에서, 다공성 형성제 재료는 진보된 연마 패드 내의 제1 또는 제2 연마 요소의 표면(520)에 배치된 다공성 형성제와 연마되고 있는 기관과 제1 및/또는 제2 연마 요소들 사이에 배치되는 슬러리 내에 발견되는 하나 이상의 성분과의 상호작용으로 인해 제거될 수 있다. 도 5a에 도시된 바와 같이, 공극 형성 영역들(502)은 층(522)이 형성되는 표면에 걸쳐 수지 프리커서 제제의 액적들을 분배함으로써 형성되는 구조 재료 함유 영역(501)에 의해 둘러싸여 있다. 본 명세서에 설명된 다양한 기술들의 이용에 의해, 구조 재료 함유 영역(501) 내에서 발견되는 경화된 구조 재료의 조성 경사들 및/또는 공극 형성 영역들(502)의 크기 및 밀도의 경사들을 이용하여 바람직한 기계적 및 열적 속성들을 갖는 완전한 연마 패드의 적어도 일부를 형성할 수 있다. 공극 형성 영역들(502) 내에 배치된 공극 형성 재료의 조성 및 연마 패드(200)에 걸친(즉, X-Y 평면) 또는 연마 요소의 두께(즉, Z 방향)를 통한 공극 형성 영역들(502)의 분포 및 크기는 임의의 적합한 패턴으로 달라질 수 있다. 본 명세서에 설명된 연마 패드들은 2가지 종류의 재료로 형성되는 것으로 도시되어 있지만, 3가지 이상의 종류의 재료를 포함하는 연마 패드들도 본 개시내용의 범위 내에 있으므로, 이러한 구성은 본 명세서에 제공된 본 개시내용의 범위를 제한하는 것으로 의도되지는 않는다. 도 2a 내지 도 2k에 예시된 연마 패드 설계들과 같은 연마 패드 내에서 발견되는 구조 재료의 조성들은 도 4a 내지 도 4f와 함께 위에 논의된 바와 유사한 방식으로 달라질 수 있다는 점에 유의해야 한다. 따라서, 일부 실시예에서, 형성된 구조 재료 함유 영역(501) 내에서 발견된 재료는 형성된 층에 걸친(예를 들어, X 및/또는 Y 방향) 또는 그를 통한(예를 들어, Z 방향) 하나 이상의 방향에서 달라지는 2가지 이상의 상이한 재료의 혼합물을 포함할 수 있다.

[0105] 도 5b는 본 개시내용의 하나 이상의 양태에 따른 도 5a에 예시된 영역(500)의 일부의 측면면도이다. 도 5b에 도시된 부분은 본 명세서에 설명된 적층 제조 프로세스의 이용에 의해 선택적인 베이스 층(521) 상에 형성되는 복수의 층들(522)을 포함한다. 논의의 명확성을 목적으로, 층들은 도 5b에서 두 개의 점선들 사이에 배치되어 있는 것으로 도시되어 있지만, 본 명세서에 설명된 프로세스들로 인해, 적어도 인접 층들의 구조 재료 함유 영역(501)은 형성된 연마 패드(200) 내의 층들 사이에 뚜렷한 물리적 분할이 없도록 형성될 수 있다. 층들(522)은 각각 구조 재료 함유 영역(501)의 영역들 사이에 산재된 공극 형성 영역들(502)을 포함한다. 위에서 언급된 바와 같이, 연마 패드(200)의 표면(520)(즉, 연마 표면(112))에서 공극 형성 영역들(502) 내에 배치된 다공성 형성제와 연마 영역(530) 내에 배치되는 슬러리(도시되지 않음)의 상호작용으로 인해, 다공성 형성제(504)는 공극 형성 영역들(502) 내에 채워지지 않은 보이드를 남기면서 쉽게 제거될 수 있고, 따라서 공극(503)을 형성할 수 있다.

[0106] 일 실시예에서, 각각의 층(522)을 형성하는 데 이용되는 픽셀 차트들은 형성된 층의 표면에 걸쳐 원하는 패턴으로 형성되는 공극 형성 영역들(502)을 함유하는 다공성 형성제(504)의 어레이를 포함하는 패턴을 포함한다. 위에서 언급된 바와 같이, 일부 실시예에서, 공극 형성 영역들(502)을 함유하는 다공성 형성제(504)의 패턴은 X 및 Y 방향들 둘 다에서 바람직한 피치를 갖는 직사각형 어레이로 형성될 수 있다. 그러나, 공극 형성 영역들(502)을 함유하는 다공성 형성제(504)의 패턴은 공극 형성 영역들(502)의 육각형 어레이, 공극 형성 영역들(502)의 방향에 따라 변하는 패턴, 공극 형성 영역들(502)의 랜덤 패턴, 또는 공극 형성 영역들(502)의 다른 유용한 패턴을 포함하는 임의의 바람직한 패턴으로 형성될 수 있다. 일부 실시예에서, 인접 층들(522)을 형성하는 데 이용되는 픽셀 차트들은 서로에 대해 하나 이상의 방향(예를 들어, X, Y 또는 X 및 Y 방향들)으로 원하는 거리(525)만큼 시프트되거나, 또는 상이한 상대적인 XY 패턴들로 형성되어, 공극 형성 영역들(502)은 연마 패드가 형성될 때 인접하게 위치된 층들에서 서로의 위에 배치되지 않는다. 일 실시예에서, 인접 층들 내의 공극 형성 영역들(502)의 유사하게 구성된 패턴들은 서로에 대해 하나 이상의 방향으로 원하는 거리만큼 엇갈리게 배

치될 수 있어, 공극 형성 영역들(502)은 인접하게 위치한 층들에서 서로의 위에 배치되지 않는다.

[0107] 도 5c는 본 개시내용의 다른 양태에 따른 도 5a에 예시된 영역(500)의 일부의 측면면도를 예시한다. 일부 실시예에서, 퇴적된 층들 중 2개 이상은 서로 정렬될 수 있어 층들이 서로의 위에 직접 형성된다. 일례에서, 도 5c에 도시된 바와 같이, 2개의 층(522A 및 522B)은 522A 층이 층 522B의 위에 직접 형성되어 공극 형성 영역들(502)이 서로의 위에 배치되도록 형성된다. 그 후 다음 또는 후속 층들은 층들(522A 및 522B)에 대해 원하는 거리(525)만큼 시프트될 수 있어서, 후속 층들 내의 공극 형성 영역들(502)은 층들(522A 및 522B)의 위에 배치되지 않는다. 더 큰 층들의 스택 내의 2개 이상의 층이 서로의 위에 직접 형성되는 이러한 구성은 X 및 Y 방향들에서의 고정된 액적 크기 레졸루션이 Z 방향에서의 층의 두께보다 클 수 있는 경우에 유용할 수 있다. 일례에서, X 및 Y 방향들에서의 고정된 액적 크기는 Z 방향에서의 두께보다 두 배 크므로, 2개의 층이 서로의 위에 배치될 때 프린팅된 재료의 규칙적인 패턴이 X, Y 및 Z 방향들에서 형성될 수 있다.

[0108] 도 5a를 다시 참조하면, 층 내에 공극 형성 영역들(502) 및 주변의 구조 재료 함유 영역(501)을 형성하는 데 사용된 픽셀 차트들은 하나 이상의 방향 X, Y, 또는 Z에서 일관되거나 변화하는 다공성을 갖는 연마 피쳐들의 부분들을 생성하는 데 이용될 수 있다. 일례에서, 진보된 연마 패드의 에지 영역 근처의 연마 피쳐들은 공극 형성 영역들(502)을 포함하는 다공성 형성제(504)보다 구조 재료 함유 영역(501) 내의 구조 재료를 형성하기 위해 이용되는 수지 프리커서 체제를 더 많이 포함할 수 있다. 연마 패드의 중심 영역 근처의 연마 피쳐들은 또한 에지 영역 근처의 연마 피쳐들보다 층마다 더 높은 백분율의 공극 형성 영역들(502)을 포함할 수 있다(예를 들어, 더 높은 밀도). 이 예에서, 동일한 타입(예를 들어, 제1 연마 요소들(204)) 또는 상이한 타입(예를 들어, 제1 및 제2 연마 요소들(204, 206))의 각각의 연마 피쳐는 층마다 및/또는 연마 요소마다 수지 프리커서 체제, 다공성 형성제 및/또는 공극 형성 영역들(502)의 밀도의 고유 조합을 갖는다. 일례에서, 제1 연마 요소들(204)은 수지 프리커서 체제 및 다공성 형성제의 제1 조합을 포함하고 제2 연마 요소들(206)은 수지 프리커서 체제 및 다공성 형성제의 상이한 제2 조합을 포함한다. 그러므로, 픽셀 차트들의 이용에 의해, 연마 바디는 진보된 연마 패드의 원하는 연마 성능을 달성하기 위해 연마 바디의 상이한 부분들에서 원하는 다공성 경사가 달성되도록 순차적으로 형성될 수 있다.

[0109] 본 명세서에 설명된 구현들에 따른 다공성 진보된 연마 패드의 층을 형성하는 방법은 다음의 단계들을 포함할 수 있다. 첫 번째로, 본 명세서에 설명된 바와 같은 수지 조성물의 하나 이상의 액적을 원하는 X 및 Y 패턴으로 분배하여 형성된 층의 구조 재료 부분을 형성한다. 일 구현에서, 수지 조성물의 하나 이상의 액적은 하나 이상의 액적이 제1 층을 구성하는 경우 지지체 상에 분배된다. 일부 구현에서, 수지 조성물의 하나 이상의 액적은 이전에 퇴적된 층(예를 들어, 제2 층 등) 상에 분배된다. 두 번째로, 다공성 형성제(504)를 함유하는 다공성 형성 조성물의 하나 이상의 액적을 원하는 X 및 Y 패턴으로 분배하여 형성된 층 내에 공극 형성 영역들(502)을 형성한다. 일 구현에서, 다공성 형성 조성물의 하나 이상의 액적은 하나 이상의 액적이 제1 층을 구성하는 경우 지지체 상에 분배된다. 일부 구현에서, 다공성 형성 조성물의 하나 이상의 액적은 이전에 퇴적된 층 상에 분배된다. 제1 및 제2 동작들의 분배 프로세스들은 전형적으로 시간에서 별도로 그리고 상이한 X-Y 좌표에서 수행된다. 다음으로, 또는 세 번째로, 경화가능한 수지 프리커서의 분배된 하나 이상의 액적 및 다공성 형성 조성물의 분배된 하나 이상의 액적을 적어도 부분적으로 경화시킨다. 다음으로, 선택적인 제4 단계에서, 경화가능한 수지 프리커서의 분배된 하나 이상의 액적 및 다공성 형성 조성물의 분배된 하나 이상의 액적을 어닐링 프로세스, 행균 프로세스, 또는 둘 다 중 적어도 하나에 노출시켜 다공성 형성제를 제거한다. 행균 프로세스는 물, 알코올(예를 들어, 이소프로판올)과 같은 다른 용매 또는 둘 다를 사용한 행균을 포함할 수 있다. 어닐링 프로세스는 다공성 형성제를 기화시키기 위해 낮은 압력 하에서 낮은 온도(예를 들어, 섭씨 약 100도)로 퇴적된 패드 구조를 가열하는 단계를 포함할 수 있다. 다음으로, 제5 단계에서, 형성된 층 또는 최종 패드에 대해 선택적인 제2 경화 프로세스를 수행하여 최종 다공성 패드 구조를 형성한다. 일부 경우들에서, 제1, 제2, 제3 및 제5 처리 단계들은 또한 제4 단계가 완료되기 전에 다수의 적층된 층들을 형성하기 위해 임의의 원하는 순서로 순차적으로 반복될 수 있다.

[0110] 일부 실시예에서, 다공성 형성제(504)는 수용액의 존재 시에 분해되는, 히드로겔, 폴리(락틱-코-글리콜산)(PLGA) 및 폴리에틸렌 글리콜(PEG)과 같은 친수성 및/또는 히드로-분해가능한 거동들을 갖는 재료들을 포함할 수 있다. 일부 구성에서, CMP 연마 프로세스 동안, 형성된 연마 패드 내에 배치된 다공성 형성제(504)는 수성 슬러리 내로 분해, 예컨대 용해되거나(예를 들어, 다공성 형성제가 슬러리에 용해됨) 슬러리의 존재 시에 붕괴되고, 진보된 연마 패드의 노출 표면에 공극(예를 들어, 100nm 내지 1 μ m 개구 또는 보이드)를 남기도록 구성된다. 다공성 형성제(504)는 불활성 가용성 성분과 혼합되는 올리고머 및/또는 폴리머 재료를 포함할 수 있다. 불활성 가용성 성분들은 에틸렌 글리콜, 폴리에틸렌 글리콜, 프로필렌 글리콜, 디에틸렌 글리콜, 디프로필렌 글

리콜, 트리에틸렌 글리콜, 테트라에틸렌 글리콜 및 글리세롤을 포함할 수 있다. 불활성 가용성 성분들은 또한 메틸, 에틸, 프로필, 이소프로필, 부틸 또는 이소부틸 기들을 포함할 수 있는 대응하는 모노 알킬 또는 디알킬 에테르들 및 알킬 기들을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 다공성 형성제(504)는 PEG 및 약 5% 내지 15%의 올리고머 및/또는 폴리머 재료, 예컨대 아크릴레이트 재료를 포함한다. 일부 구성에서, 폴리에틸렌 글리콜 아크릴레이트 또는 메타크릴레이트를 기재로 하는 히드로겔 재료가 사용될 수 있다. 이러한 타입의 재료들은 대부분의 수지 프리커서 제제들에 용해되지 않는 극성 재료들로 만들어질 수 있다. 히드로겔 재료들은 디아크릴레이트 및 디메타크릴레이트와 약 1 내지 10%의 비율로 가교결합함으로써 공극 형성 재료들로 만들어질 수 있다. 이러한 방식으로 형성된 히드로겔 재료들은 여전히 물에서 용해성을 가지며 물로 씻겨져서 공극들을 생성할 수 있다.

[0111] 일부 실시예에서, 구조 재료 함유 영역(501)은 본 명세서에 개시된 수지 프리커서 성분들 중 하나 이상으로 형성되는 재료를 포함할 수 있다. 예를 들어, 구조 재료 함유 영역(501)은 표 3에 열거된 재료들 또는 표 3에 열거된 재료들이 유래하는 재료 군들 중 적어도 하나로부터 선택되지만 이들로 한정되지는 않는 수지 프리커서 성분들의 이용에 의해 형성되는 재료를 포함할 수 있다. 단독으로 또는 본 명세서에 개시된 수지 프리커서 성분들 중 하나 이상과 조합하여 사용될 수 있는 다른 유용한 수지 프리커서 성분들은 또한 티올-엔 및 티올-인 타입, 에폭시, 마이클 첨가 타입, 개환 중합(ring-opening polymerization)(ROP), 및 본 명세서에 설명된 고리 형성 또는 Diels-Alder 중합(DAP) 타입 성분들을 포함할 수 있다.

[0112] 일 실시예에서, 패드 바디(202)와 함께 형성된 공극들은 후속의 진보된 연마 패드 형성 프로세스 동안 다공성 형성제(504)의 상 변화, 예컨대 기화를 야기함으로써 형성될 수 있다. 일례에서, 형성된 패드 내의 다공성은 다공성 형성제 재료의 상 변화의 발생을 유도하기 위해 전자기 복사를 연마 패드의 일부에 전달함으로써 생성될 수 있다. 일 실시예에서, 진보된 연마 패드 예비-폴리머 조성물은, 열적으로 불안정하고(thermally labile) 열적으로 불안정한 기들을 함유할 수 있는 화합물들, 폴리머들 또는 올리고머들을 함유할 수 있다. 이들 포로젠 및 열적으로 불안정한 기들은 불포화된 환상 유기 기들과 같은 환상 기들(cyclic groups)일 수 있다. 포로젠포로젠은 환상 탄화수소 화합물을 포함할 수 있다. 일부 예시적인 포로젠들은 노르보르나디엔(BCHD), 바이시클(2.2.1)헵타-2,5-디엔), 알파-테르피넨(ATP), 비닐시클로헥산(VCH), 페닐아세테이트, 부타디엔, 이소프렌, 및 시클로헥사디엔을 포함하지만 이들로 한정되지는 않는다. 일 실시예에서, 공유 결합된 포로젠 기를 갖는 복사 경화가능한 올리고머를 포함하는 예비-폴리머 층이 퇴적된다. UV 복사 및 열에의 노출 후에, 포로젠 기의 분출(effusion)에 의해 다공성 폴리머 층이 형성될 수 있다. 다른 실시예에서, 진보된 연마 패드 예비-폴리머 조성물은 물 함유 화합물과 혼합되는 화합물들, 폴리머들, 또는 올리고머들을 함유할 수 있다. 이러한 예에서, 순차적인 층 퇴적에 의해 복수의 다공성 층들을 형성한 다음, 물 함유 화합물을 추출하여 공극을 형성할 수 있다. 다른 실시예들에서, 분해되어 질소 가스를 형성하는 아조 화합물들(azo compounds)과 같은 가스 부산물을 형성하는 화합물들의 열 유도 분해에 의해 공극들이 발생될 수 있다.

[0113] 대안적으로, 일부 실시예에서, 수지 프리커서 조성물은 진보된 연마 패드를 형성하는 데 사용되는 액적들 내에 배치되는 100nm 내지 1 μ m의 직경 크기의 폴리머 나노구체들 또는 마이크로구체들과 같은 폴리머 구체들을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 폴리머 구체는 크기가 100nm 내지 20 μ m, 예컨대 크기가 100nm 내지 5 μ m이다. 일부 적층 제조 실시예에서, 제1 노즐로부터 액적을 함유하는 수지 프리커서 조성물을 분배하고 또한 제2 노즐로부터 폴리머 구체 함유 제제의 액적을 분배하여, 이 2개의 분배된 액적이 혼합되어 나중에 성장하는 연마 패드의 일부를 형성하기 위해 부분적으로 또는 완전하게 경화될 수 있는 완전한 액적을 형성할 수 있도록 하는 것이 바람직할 수 있다. 일부 구성에서, CMP 연마 프로세스 동안, 폴리머 구체들은 수성 슬러리 내로 분해, 예컨대 용해되거나 슬러리의 존재 시에 붕괴되고, 진보된 연마 패드의 노출 표면에 공극(예를 들어, 100nm 내지 1 μ m 공극 피치)를 남기도록 구성된다.

[0114] 폴리머 구체들은 형성된 진보된 연마 패드 내에서 사용하기 위한 바람직한 기계적 속성들, 열적 속성들, 마모 속성들, 분해 속성들, 또는 다른 유용한 속성을 갖는 하나 이상의 고체 폴리머 재료를 포함할 수 있다. 대안적으로, 폴리머 구체들은 액체(예를 들어, 물) 또는 가스 재료를 둘러싸는 고체 폴리머 외피를 포함할 수 있어 폴리머 구체는 형성된 진보된 연마 패드에 폴리머 구체에 바람직한 기계적, 열적, 마모, 또는 다른 유용한 속성을 제공할 것이다. 폴리머 구체들은 또한 형성된 연마 요소(예를 들어, 연마 요소들(204 및/또는 206))의 부분들 내에 하나 이상의 영역을 형성하는 데 이용되는 고정된 액적의 영역들 내에 공극들을 형성하는 데 이용되어 형성된 진보된 연마 패드의 이들 부분에 바람직한 기계적, 열적, 마모, 또는 다른 유용한 속성을 제공할 수 있다. 폴리머 구체들은 수용액의 존재 시에 분해되는, 히드로겔 및 폴리(락틱-코-글리콜 산), PLGA와 같은 친수성 및/또는 히드로-분해가능한 거동들을 갖는 재료들을 포함할 수 있다. 폴리머 구체들은 전형적으로 적층 제조 프로

세스(예를 들어, 3D 프린팅)를 수행한 후에 경화된 재료들 및 액적 제제들에 균일하게 분산된다.

[0115] 일부 구성에서, 폴리에틸렌 글리콜 아크릴레이트 또는 메타크릴레이트를 기재로 하는 히드로겔 입자들이 사용될 수 있다. 이러한 타입의 입자들은 대부분의 제제들에 용해되지 않는 극성 재료들로 만들어질 수 있다. 히드로겔 입자들은 디아크릴레이트 및 디메타크릴레이트와 약 1 내지 15%의 비율로 가교결합함으로써 입자 형태로 만들어질 수 있다. 이러한 방식으로 형성된 히드로겔 입자들은 여전히 물에서 용해성을 가지며 물로 씻겨져서 공극들을 생성할 수 있다.

[0116] 제제 및 재료의 예들

[0117] 위에서 논의된 바와 같이, 제1 연마 요소(204) 및 제2 연마 요소(206)와 같은 패드 바디(202)의 부분들을 형성하기 위해 이용되는 재료들은, 진보된 연마 패드의 원하는 속성들을 달성하기 위해 관능성 폴리머, 관능성 올리고머, 반응성 희석제, 및 경화제의 혼합물일 수 있는 적어도 하나의 잉크 분사가 가능한 예비-폴리머 조성물(ink jettable pre-polymer composition)로 각각 형성될 수 있다. 일반적으로, 예비-폴리머 잉크들 또는 조성물들은, 경화제 또는 화학적 개시제를 이용하거나 이용하지 않고서, 복사 또는 열 에너지와의 접촉 또는 노출을 포함하는 임의의 수의 수단의 이용에 의해 퇴적 후에 처리될 수 있다. 일반적으로, 퇴적된 재료는 자외선 복사(UV), 감마선, X-레이 복사, 가시 복사, IR 복사, 및 마이크로파 복사를 포함할 수 있는 전자기 복사에 노출될 수 있고, 또한 중합 반응들을 개시하기 위해 가속된 전자들 및 이온 빔들이 이용될 수 있다. 본 개시내용의 목적으로, 경화의 방법, 또는 증감제들(sensitizers), 개시제들, 및/또는 경화제들, 예컨대 관통 경화제들(through cure agents) 또는 산소 억제제들과 같이 중합을 돕는 첨가제들의 이용을 한정하지는 않는다.

[0118] 일 실시예에서, 단일 패드 바디(202) 내의 제1 및 제2 연마 요소들(204, 206)과 같은 2개 이상의 연마 요소가 적어도 하나의 복사 경화 가능한 수지 프리커서 조성물의 순차적인 퇴적 및 후속 퇴적 처리로부터 형성될 수 있고, 여기서 조성물들은 비닐 기들, 아크릴 기들, 메타크릴 기들, 알릴 기들 및 아세틸렌 기들을 포함하지만 이에 한정되지는 않는 불포화 화학 모이어티들 또는 기들을 갖는 관능성 폴리머, 관능성 올리고머, 모노머, 및/또는 반응성 희석제를 함유한다. 연마 패드 형성 프로세스 동안, 불포화 기들은, 독일 Ludwigshafen의 BASF에 의해 제조된 Irgacure[®] 제품과 같은 자유 라디칼 발생 광개시제(free radical generating photoinitiator)와 같은 경화제의 존재 시에, UV 복사와 같은 복사에 노출될 때 자유 라디칼 중합(free radical polymerization)을 겪을 수 있다.

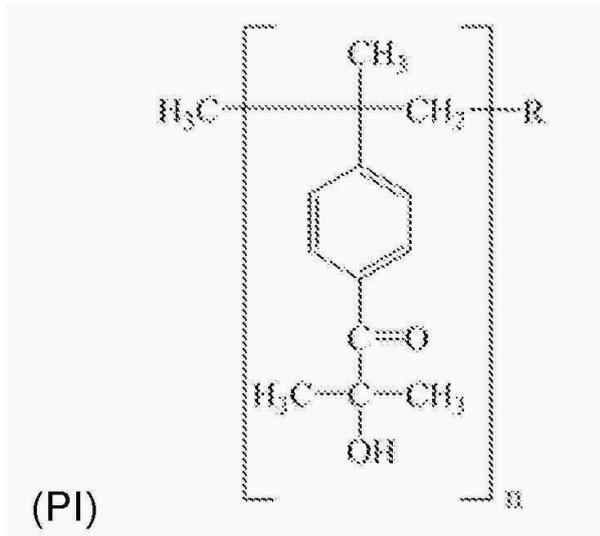
[0119] 본 명세서에 제공된 본 개시내용의 실시예들 중 하나 이상에서 2가지 타입의 자유 라디칼 광개시제가 이용될 수 있다. 본 명세서에서 벌크 경화 광개시제라고도 지칭되는 제1 타입의 광개시제는, UV 복사에의 노출 시에 분할(cleave)되어, 중합을 개시할 수 있는 자유 라디칼을 즉시 산출해내는 개시제이다. 제1 타입의 광개시제는 분배된 액적들의 표면 경화 및 관통 또는 벌크 경화 둘 다에 유용할 수 있다. 제1 타입의 광개시제는 벤조인 에테르, 벤질 케탈, 아세틸 페논, 알킬 페논, 및 포스핀 옥사이드를 포함하지만 이에 한정되지는 않는 그룹으로부터 선택될 수 있다. 본 명세서에서 표면 경화 광개시제라고도 지칭되는 제2 타입의 광개시제는, UV 복사에 의해 활성화되고 실제 개시 자유 라디칼로 되는 제2 화합물로부터의 수소 추출(hydrogen abstraction)에 의해 자유 라디칼들을 형성하는 광개시제이다. 이러한 제2 화합물은 광개시제(co-initiator) 또는 중합 상승작용제라고 종종 지칭되며, 아민 상승작용제일 수 있다. 아민 상승작용제들은 산소 억제를 감소시키기 위해 이용되고, 따라서, 제2 타입의 광개시제는 빠른 표면 경화에 유용할 수 있다. 제2 타입의 광개시제는, 벤조페논 화합물들 및 티오크산톤 화합물들을 포함하지만 이에 한정되지는 않는 그룹으로부터 선택될 수 있다. 아민 상승작용제는 활성 수소를 가진 아민일 수 있고, 일 실시예에서 아민 상승작용제, 예컨대 아민 함유 아크릴레이트가 수지 프리커서 조성물 제제에서 벤조페논 광개시제와 결합되어: a) 산소 억제를 제한하고, b) 액적 또는 층 표면의 치수들을 고정시키기 위해 액적 또는 층 표면을 고속 경화시키고, c) 경화 프로세스를 통해 층 안정성을 증가시킬 수 있다. 일부 경우들에서, 자유 라디칼 경화 메커니즘을 늦추거나 억제하는 2원자 산소에 의한 자유 라디칼 퀸칭(free radical quenching)을 지연시키거나 방지하기 위해, 불활성 가스 분위기와 같이 산소가 제한되거나 산소가 없는 경화 분위기 또는 환경, 및 건조되고 탈가스되고(degassed) 산소가 거의 없는 화학 시약들을 선택할 수 있다.

[0120] 진보된 연마 패드가 형성될 때 하부 층들을 경화 에너지에 반복적으로 노출시키는 것은 이러한 하부 층들의 속성들에 영향을 미칠 것이므로, 프린팅된 제제 내의 화학적 개시제의 양을 제어하는 것은 형성된 진보된 연마 패드의 속성들을 제어하는 데에 중요한 인자인 것으로 밝혀졌다. 다시 말하면, 퇴적된 층들을 소정 양의 경화 에너지(예를 들어, UV 광, 열 등)에 반복적으로 노출시키는 것은 형성된 층들 각각 내에서의 해당 층의 표면의 경화 또는 과다 경화의 정도에 영향을 미칠 것이다. 그러므로, 일부 실시예에서, 표면이 먼저 경화되어, 추가적

인 UV 광이 표면 경화된 영역 아래의 재료에 도달하는 것을 차단하고, 그에 의해 전체적인 부분적으로 경화된 구조물이 "과소 경화(under-cured)"되게 할 것이므로, 표면 경화 동역학이 관통 경화(벌크 경화)보다 더 빠르지 않은 것을 보장하는 것이 바람직하다. 일부 실시예들에서는, 적절한 사슬 연장 및 가교결합을 보장하기 위해 광개시제의 양을 감소시키는 것이 바람직하다. 일반적으로, 더 높은 분자량의 폴리머들은 더 느리게 제어되는 중합으로 형성될 것이다. 반응 산물들이 지나치게 많은 라디칼을 포함하는 경우, 반응 동역학은 지나치게 신속하게 진행할 수 있고, 분자량들은 낮을 것이며, 이것은 결국 경화된 재료의 기계적 속성들을 감소시킬 것이라고 여겨진다.

[0121] 일부 실시예에서, 수지 프리커서 조성물은 분배된 액적에 대해 경화 프로세스를 수행하기 전에, 수행하는 동안에 및/또는 수행한 후에, 해당 액적의 벌크 영역 내에서 비교적 움직이지 않도록 선택되는 중간 내지 높은 분자량을 갖는 폴리머 광개시제 및/또는 올리고머 광개시제를 포함한다. 중간 내지 높은 분자량 타입의 광개시제는 전형적으로 부분적으로 경화된 액적 내에서 이동하지 않거나 적어도 최소한으로 이동하도록 선택된다. 일례에서, 전통적인 작은 분자량 광개시제와 비교하여, 중간 내지 높은 분자량 타입의 광개시제를 갖는 액적을 UV 또는 UV LED 경화시킨 후에, 폴리머 및 올리고머 광개시제들은 광개시제의 비교적 높은 분자량으로 인해, 경화된 재료의 벌크 영역 내에서 고정되거나 또는 경화된 재료의 표면 또는 계면 영역으로 이동하거나 그로부터 증발하지 않는 경향이 있다. 중간 내지 높은 분자량 타입의 광개시제는 형성된 액적 내에서 비교적 움직이지 않기 때문에, 벌크 영역의 경화, 조성 및 기계적 속성들, 및 분배된 액적의 표면의 경화, 조성, 기계적 속성들 및 표면 속성들(예를 들어, 친수성)은 비교적 균일하고 안정적으로 유지될 것이다. 일례에서, 중간 내지 높은 분자량 타입의 광개시제는 600 초과, 예컨대 1000 초과 분자량을 갖는 재료일 수 있다. 일례에서, 중간 내지 높은 분자량 타입의 광개시제는 PL Industries PL-150 및 IGM Resins Omnipol 1001, 2702, 2712, 682, 910, 9210, 9220, BP, 및 TX의 그룹으로부터 선택되는 재료일 수 있다. 작은 분자량 광개시제와 비교하여 폴리머 및 올리고머 광개시제들의 움직이지 않는 특징은 또한 진보된 연마 패드를 형성하는 데 이용되는 적층 제조 프로세스의 건강, 안전, 및 환경 영향을 증대시킬 것이다.

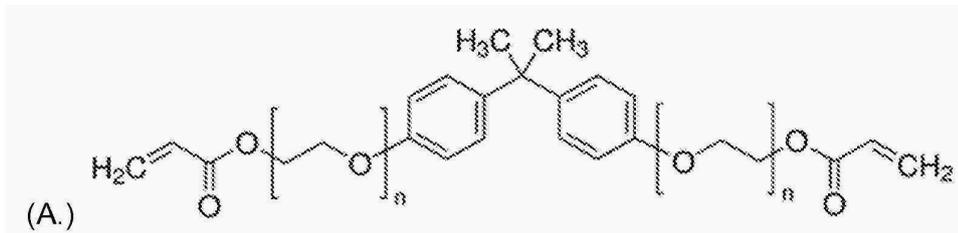
[0122] 일부 실시예에서, 중간 내지 높은 분자량 타입의 광개시제가 액적 체제에 사용하기 위해 선택되어 성장하는 연마 패드의 표면 상에 분배되는 액적을 형성하는 데 이용되는 최종 체제의 점도를 상당히 변경하지 않을 것이다. 전통적으로, 더 낮은 분자량의 광개시제는 액적을 형성하는 데 이용되는 체제의 점도를 바람직하지 않게 변경한다. 그러므로, 바람직한 중간 내지 높은 분자량 타입의 광개시제를 선택함으로써, 최종 액적 체제의 점도는 적층 제조 프로세스(예를 들어, 3D 프린팅 프로세스) 동안 프린팅 헤드와 같은 퇴적 하드웨어에 의해 용이하게 분배될 수 있는 레벨로 조정되거나 유지될 수 있다. 바람직한 체제의 일부는 매우 낮은 점도(70°C에서 10-12 cP)를 갖는다. 그러나, 일부 경우들에서 Connex500 프린팅 툴과 같은 프린팅 하드웨어의 경우, 점도는 70°C에서 13-17 cP이어야 한다. 점도를 증가시키기 위해서는, 체제 내의 올리고머 함량이 증가되어야 한다. 올리고머 함량을 증가시키는 것은 형성된 층들의 기계적 속성들에 영향을 미칠 것이다. 따라서, 폴리머 광개시제를 첨가하면, 점도를 자동으로 증가시킬 것이고 형성된 층의 기계적 속성들에 더 작은 영향을 미칠 것이다. 추가로, 작은 분자 광개시제의 이동이 관심사인데 왜냐하면 이는 형성된 층의 표면 소수성에 영향을 미칠 것이고, 이는 형성된 액적의 프린트 레졸루션 및 형성된 층의 접촉 각도에 영향을 미칠 것이기 때문이다. 일례에서, 광개시제는 Synasia, IGM Resins 및 PL Industries로부터 입수가 가능한 스티렌 계이다. 중간 내지 높은 분자량 타입의 광개시제의 바람직한 타입의 다른 예는 아래 화학 구조(PI)로 나타내어진다.



[0123]

[0124]

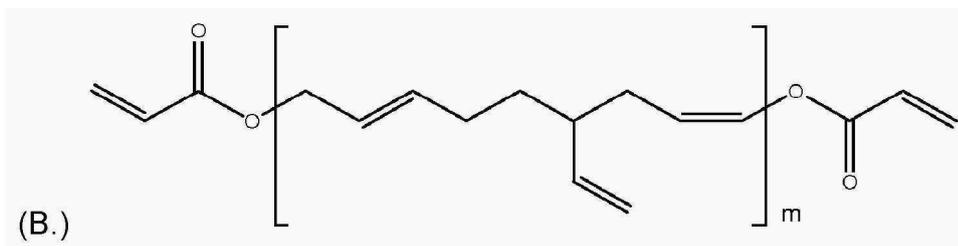
일부 실시예에서, 제1 및 제2 연마 요소들(204, 206)는 적어도 하나의 올리고머 및/또는 폴리머 세그먼트, 화합물, 또는 폴리아미드, 폴리카보네이트, 폴리에스테르, 폴리에테르 케톤, 폴리에테르, 폴리옥시메틸렌, 폴리에테르 술폰, 폴리에테르이미드, 폴리이미드, 폴리올레핀, 폴리실록산, 폴리술폰, 폴리페닐렌, 폴리페닐렌 설파이드, 폴리우레탄, 폴리스티렌, 폴리아크릴로니트릴, 폴리아크릴레이트, 폴리메틸메타크릴레이트, 폴리우레탄 아크릴레이트, 폴리에스테르 아크릴레이트, 폴리에테르 아크릴레이트, 에폭시 아크릴레이트, 폴리카보네이트, 폴리에스테르, 멜라민, 폴리술폰, 폴리비닐 재료, 아크릴로니트릴 부타디엔 스티렌(ABS), 스티렌으로부터 유도된 공중합체, 부타디엔으로부터 유도된 공중합체, 할로겐화 폴리머, 블록 공중합체 및 이들의 공중합체로부터 선택된 재료를 함유할 수 있다. 제1 연마 요소(204) 및 제2 연마 요소(206)를 형성하기 위해 이용되는 조성물들의 생성 및 합성은, 화학 구조 A에 도시된 것과 같이, 앞에서 언급된 폴리머 및/또는 분자 세그먼트들 중 적어도 하나를 갖는 적어도 하나의 UV 복사 경화가능한 관능성 및 반응성 올리고머를 이용하여 달성될 수 있다:



[0125]

[0126]

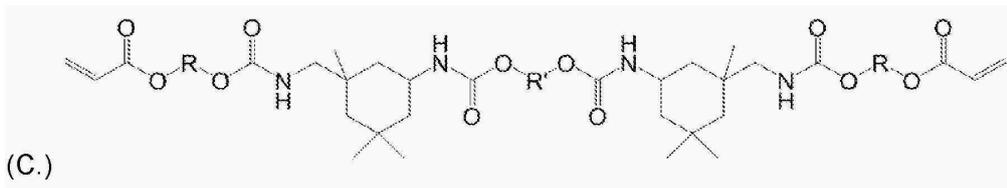
화학 구조 A로 표현된 바와 같은 이관능성 올리고머인 비스페놀-A 에톡실레이트 디아크릴레이트는 패드 바디(202) 내의 제1 연마 요소(204) 및 제2 연마 요소(206)에서 발견되는 재료들의 낮은, 중간 및 높은 저장 탄성률 E' 특성에 기여할 수 있는 세그먼트들을 함유한다. 예를 들어, 방향족 기들은, 페닐 고리들(phenyl rings)에 의해 부여되는 소정의 국소적 강성(local rigidity) 때문에, 패드 바디(202)에 추가의 강성도를 부여할 수 있다. 그러나, 본 기술분야의 통상의 기술자들은 에테르 사슬 세그먼트(ether chain segment) "n"을 증가시키는 것은 저장 탄성률 E'를 저하시킬 것이고, 따라서 가요성이 증가된 더 연질의 재료를 생성할 것이라는 점을 인식할 것이다. 일 실시예에서, 화학 구조 B에 도시된 바와 같이, 소정의 고무-유사 탄성 연신율(rubber-like elastic elongation)을 갖는 더 연질이고 더 탄성있는 조성물을 생성하기 위해, 고무-유사 반응성 올리고머인 폴리부타디엔 디아크릴레이트가 이용될 수 있다:



[0127]

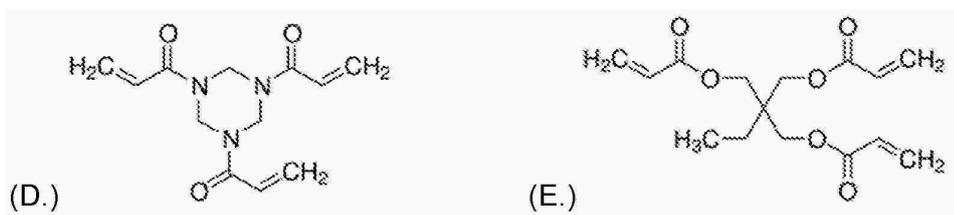
[0128] 폴리부타디엔 디아크릴레이트는 펜던트 알릴 관능기(pendant allylic functionality)(도시됨)를 포함하고, 그것은 다른 반응되지 않은 불포화 사이트들(unreacted sites of unsaturation)과의 가교결합 반응을 겪을 수 있다. 일부 실시예에서, 폴리부타디엔 세그먼트 "m" 내의 잔류 이중 결합들은 가역적 엘라스토머 속성들(reversible elastomeric properties)을 초래할 수 있는 가교결합들을 생성하도록 반응된다. 일 실시예에서, 조성물 가교결합들을 함유하는 진보된 연마 패드는 약 5% 내지 약 40%의 퍼센트 연신율(percent elongation), 및 약 6 내지 약 15의 E'30:E'90 비율을 가질 수 있다. 일부 가교결합 화학물질들의 예들은 황 가황(sulfur vulcanization) 및 퍼옥사이드, 예컨대 tert-부틸 퍼벤조에이트(tert-butyl perbenzoate), 디쿠밀 퍼옥사이드(dicumyl peroxide), 벤조일 퍼옥사이드(benzoyl peroxide), 디-tert-부틸 퍼옥사이드(di-tert-butyl peroxide) 및 그와 유사한 것을 포함한다. 일 실시예에서, 총 제제 중량으로 3% 벤조일 퍼옥사이드를 폴리부타디엔 디아크릴레이트와 반응시켜 가교결합 밀도가 적어도 약 2%가 되도록 가교결합들을 형성한다.

[0129] 화학 구조 (C)는 진보된 연마 패드에 가요성 및 연신율을 부여할 수 있는 재료인 다른 타입의 반응성 올리고머인 폴리우레탄 아크릴레이트를 표현한다. 우레탄 기들을 함유하는 아크릴레이트는 지방족 또는 방향족 폴리우레탄 아크릴레이트일 수 있고, 이 구조에 도시된 R 또는 R' 기들은 지방족, 방향족, 올리고머일 수 있고, 산소와 같은 헤테로원자들을 포함할 수 있다.



[0130] 반응성 올리고머들은 아크릴 사이트(acrylic site)와 같은 적어도 하나의 반응성 사이트를 포함할 수 있고, 이 관능성, 이관능성, 삼관능성, 사관능성, 오관능성 및/또는 육관능성일 수 있으며, 따라서 가교결합을 위한 포커스들의 역할을 할 수 있다. 도 7b는 3D 프린팅 가능 잉크 조성물들을 생성하는 데에 유용할 수 있는 일부 경화된 반응성 올리고머에 대한 응력 대 변형률의 플롯이다. 올리고머들은 "연질" 또는 낮은 저장 탄성률 E' 재료, "중간 연질" 또는 중간 저장 탄성률 E' 재료, 또는 "경질" 또는 높은 저장 탄성률 E' 재료를 나타낼 수 있다(예를 들어, 표 1). 도시된 바와 같이, 저장 탄성률 E'(예를 들어, 기울기 또는 $\Delta y/\Delta x$)는, 연질이고 가요성이며 신장가능한 폴리우레탄 아크릴레이트로부터, 아크릴 아크릴레이트로, 다음에 폴리에스테르 아크릴레이트로, 다음에 시리즈 내에서 가장 경질인, 경질이며 높은 저장 탄성률 E'의 에폭시 아크릴레이트로 갈수록 증가한다. 도 7b는 진보된 연마 패드의 생성에 유용할 수 있는, 저장 탄성률 E' 재료, 또는 저장 탄성률 E' 재료들의 범위 또는 혼합물을 어떻게 선택할 수 있는지를 예시한다. 관능성 올리고머는, 펜실베이니아주 Exton의 Sartomer USA, 미국 코네티컷주 Torrington의 Dymax Corporation, 미국 조지아주 Alpharetta의 Allnex Corporation을 포함하는 다양한 소스들로부터 획득될 수 있다.

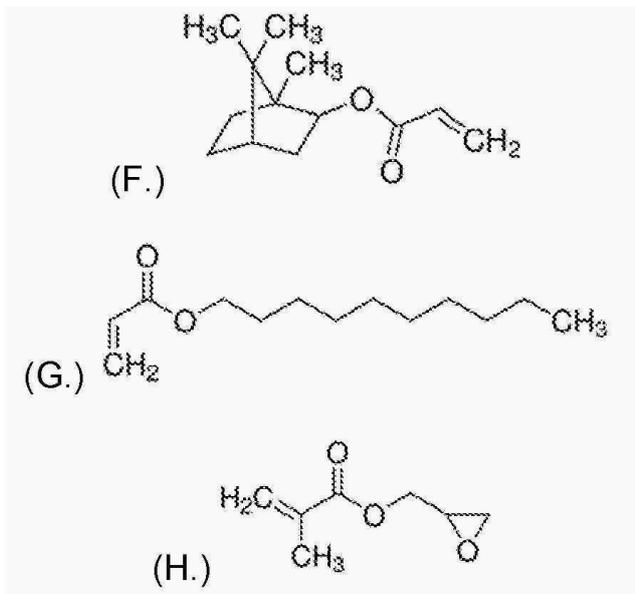
[0132] 본 개시내용의 실시예들에서, 이관능성, 삼관능성, 사관능성 및 그 이상의 관능성의 아크릴레이트를 포함하는 다관능성 아크릴레이트는 제1 연마 요소(204) 및 제2 연마 요소(206)를 형성하기 위해 이용되는 재료 내에서, 및/또는 제1 연마 요소 및 제2 연마 요소에서 발견되는 재료들 사이에서 가교결합들을 생성하고, 그에 의해 저장 탄성률 E', 점성 댄프닝(viscous dampening), 반발, 압축, 탄성, 연신율, 및 유리 전이 온도를 포함하는 연마 패드 속성들을 조정하기 위해 이용될 수 있다. 제1 연마 요소(204) 및 제2 연마 요소(206)를 형성하기 위해 이용되는 다양한 재료들 내에서의 가교결합의 정도를 제어함으로써, 바람직한 패드 속성들이 형성될 수 있다고 밝혀졌다. 일부 구성에서, 저점도의 재료 군은 선형, 분지형(branched) 및/또는 환상(cyclic)과 같은 더 다양한 분자 아키텍처들뿐만 아니라, 더 넓은 범위의 분자량들을 제공하며, 이는 결국 제제 및 프로세스 윈도우를 넓게 하므로, 다관능성 아크릴레이트는 연마 패드 제제 내에서 강성 방향족들을 대신하여 유리하게 이용될 수 있다. 다관능성 아크릴레이트의 일부 예들은 화학 구조(D)(1,3,5-트리아크릴로일헥사히드로-1,3,5-트리아진) 및 화학 구조 (E)(트리메틸올프로판 트리아크릴레이트)에 도시되어 있다:



[0133]

[0134] 본 개시내용의 실시예들에서, 가교결합들이 형성되게 하는 메커니즘(들), 화학 구조 또는 가교결합제의 타입은 한정되지는 않는다. 예를 들어, 아민 함유 올리고머가 아크릴 모이어티와의 마이클 첨가 타입 반응(Michael addition type reaction)을 겪어, 공유 가교결합을 형성할 수 있고, 또는 아민 기가 에폭시드 기와 반응하여 공유 가교결합을 생성할 수 있다. 다른 실시예들에서, 가교결합들은 이온 또는 수소 결합에 의해 형성될 수 있다. 가교결합제는 선형, 분지형, 또는 환상 분자 세그먼트들을 함유할 수 있고, 올리고머 및/또는 폴리머 세그먼트들을 더 함유할 수 있으며, 질소 및 산소와 같은 헤테로원자들을 함유할 수 있다. 연마 패드 조성물들에 유용할 수 있는 가교결합 화학적 화합물들은 미국 미주리주 St. Louis의 Sigma-Aldrich, 펜실베이니아주 Exton의 Sartomer USA, 미국 코네티컷주 Torrington의 Dymax Corporation, 미국 조지아주 Alpharetta의 Allnex Corporation을 포함하는 다양한 소스들로부터 입수가 가능할 수 있다.

[0135] 본 명세서에 언급된 바와 같이, 반응성 희석제들은 적절한 점도 제제를 달성하기 위해 고점도의 관능성 올리고머와 혼합되는 점도 희석 용매들(viscosity thinning solvents)로서 이용될 수 있고, 그에 후속하여, 경화 에너지에 노출될 때 이 희석제(들)를 더 고점도의 관능성 올리고머와 공중합한다. 일 실시예에서, n-4일 때, 비스페놀-A 에톡실레이트 디아크릴레이트의 점도는 25°C에서 약 1350 센티포아즈(cP)일 수 있고, 이러한 점도는 3D 프린팅 프로세스에서 이러한 재료의 분배를 시행하기에는 지나치게 높을 수 있다. 그러므로, 점도를 25°C에서 약 1 cP 내지 약 100 cP, 예컨대 25°C에서 약 1 cP 내지 약 20 cP로 저하시키기 위해, 비스페놀-A 에톡실레이트 디아크릴레이트를 더 저점도의 반응성 희석제들, 예컨대 낮은 분자량의 아크릴레이트와 혼합하는 것이 바람직할 수 있다. 이용되는 반응성 희석제의 양은 제제 성분들 및 희석제(들) 자체의 점도에 종속한다. 예를 들어, 타겟 점도를 달성하기 위해, 1000 cP의 반응성 올리고머는 제제 중량으로 적어도 40% 희석제를 요구할 수 있다. 반응성 희석제의 예들은 화학 구조(F)(이소보르닐 아크릴레이트), (G)(데실 아크릴레이트), 및 (H)(글리시딜 메타크릴레이트)로 나타내어진다:



[0136]

[0137] 25°C에서의 F-G의 각각의 점도들은 각각 9.5 cP, 2.5 cP, 및 2.7 cP이다. 반응성 희석제들은 또한 다관능성일 수 있고, 그러므로 폴리머 네트워크들을 생성하는 가교결합 반응들 또는 다른 화학 반응들을 겪을 수 있다. 일 실시예에서, 글리시딜 메타크릴레이트(H)는 반응성 희석제의 역할을 하고, 혼합물의 점도가 약 15 cP이도록 이 관능성 지방족 우레탄 아크릴레이트와 혼합된다. 대략적인 희석 배율(approximate dilution factor)은 약 2:1 내지 약 10:1, 예컨대 약 5:1일 수 있다. 이 혼합물에 디메틸 아미노에틸 메타크릴레이트와 같은 아민 아크릴레이트가 제제의 약 10 중량%가 되도록 첨가될 수 있다. 혼합물을 약 25°C로부터 약 75°C로 가열하면, 아민과 에폭시드의 반응, 및 아크릴화 아민 및 아크릴화 에폭시드의 첨가 생성물(adduct)의 형성이 야기된다. 그 후, Irgacure® 651과 같은 적합한 자유 라디칼 광개시제가 제제의 2 중량% 첨가되고, 혼합물은 기관 상에 20 마이크론 두께의 층이 형성되도록 적합한 3D 프린터에 의해 분배될 수 있다. 그 후, 얇은 폴리머 막을 생성하기 위해, 액적 또는 층을, 약 10 내지 약 50 mJ/cm²의 강도에서 스캐닝 UV 다이오드 레이저를 이용하여 약 200nm 내지 약 400nm의 UV 광에 약 0.1 μs 내지 약 10초, 예컨대 약 0.5초 동안 노출시킴으로써, 층이 경화될 수 있다. 3D 프린팅된 연마 패드 조성물들에 유용할 수 있는 반응성 희석제 화학적 화합물들은 미국 미주리주 St. Louis의

Sigma-Aldrich, 펜실베이니아주 Exton의 Sartomer USA, 미국 코네티컷주 Torrington의 Dymax Corporation, 미국 조지아주 Alpharetta의 Allnex Corporation을 포함하는 다양한 소스들로부터 입수가 가능할 수 있다.

[0138] 연마 패드들의 생성에 유용할 수 있는 복사 경화의 다른 방법은 UV 또는 저 에너지 전자 빔(들)에 의해 개시되는 양이온 경화(cationic cure)이다. 에폭시 기 함유 재료들은 양이온 경화가 가능할 수 있고, 에폭시 기들의 개환 중합(ROP)은 양성자(protions) 및 루이스 산들과 같은 양이온들에 의해 개시될 수 있다. 에폭시 재료들은 모노머, 올리고머 또는 폴리머일 수 있고, 지방족, 방향족, 시클로지방족(cycloaliphatic), 아릴지방족(arylaliphatic) 또는 헤테로시클릭(heterocyclic) 구조들을 가질 수 있고; 지환족(alicyclic) 또는 헤테로시클릭 고리 시스템의 일부를 형성하는 기들 또는 측기들(side groups)로서 에폭시드 기들을 또한 포함할 수 있다.

[0139] UV 개시 양이온 광중합(UV-initiated cationic photopolymerization)은, 자유 라디칼 광중합과 비교하여, 더 낮은 수축, 더 양호한 투명도(clarity), 리빙 중합(living polymerization)을 통한 더 양호한 관통 경화, 및 산소 억제제의 결여를 포함하는 수개의 이점을 나타낸다. UV 양이온 중합은 에폭시드 기와 같은 환상 기의 개환(ring opening)을 일으키는 산 촉매를 수반한다. 때때로 양이온 개환 중합(CROP)으로 알려진, 이 기술은 에폭시드, 비닐 에테르, 프로페닐 에테르, 실록산, 옥세탄, 환상 아세탈 및 포말, 환상 설파이드, 락톤 및 락탐과 같은, 자유 라디칼 수단에 의해 중합될 수 없는 중요한 부류의 모노머들을 중합시킬 수 있다. 이러한 양이온 중합 가능 모노머들은 본 명세서에 설명된 바와 같은 탄소-탄소 이중 결합을 통한 자유 라디칼 중합을 또한 겪을 수 있는 글리시딜 메타크릴레이트(화학 구조 H)와 같은 불포화 모노머들 둘 다를 포함한다. UV 광(~225 내지 300nm) 또는 전자 빔으로 조사될 때 광산(photoacid)을 발생시키는 광개시제들은, 독일 Ludwigshafen의 BASF로부터 획득될 수 있는(Irgacure[®] 제품) 아릴 오늄 염들(aryl onium salts), 예컨대 아이오도늄(iodonium) 및 술포늄 염들(sulfonium salts), 예컨대 트리aryl술포늄 헥사플루오로포스페이트 염들(triarylsulfonium hexafluorophosphate salts)을 포함하지만 이에 제한되지는 않는다.

[0140] 일 실시예에서, 제1 연마 요소(204) 및 제2 연마 요소(206), 및 그에 따른 단일 패드 바디(202)를 형성하기 위해 이용되는 재료(들)는 적어도 하나의 복사 경화가 가능한 수지 프리커서 조성물의 순차적인 퇴적 및 양이온 경화로부터 형성될 수 있고, 여기서 조성물들은 에폭시 기들을 갖는 관능성 폴리머, 관능성 올리고머, 모노머, 및/또는 반응성 희석제를 함유한다. 혼합된 자유 라디칼 및 양이온 경화 시스템들은 비용을 절약하고 물리적 속성들을 밸런싱하기 위해 이용될 수 있다. 일 실시예에서, 제1 연마 요소(204) 및 제2 연마 요소(206)는 적어도 하나의 복사 경화가 가능한 수지 프리커서 조성물의 순차적인 퇴적 및 양이온 및 자유 라디칼 경화로부터 형성될 수 있고, 여기서 조성물들은, 아크릴 기들 및 에폭시 기들을 갖는 관능성 폴리머, 관능성 올리고머, 모노머, 반응성 희석제를 함유한다. 다른 실시예에서, 일부 양이온 경화 시스템들에 고유한 광 흡수의 결여 및 투명도를 이용하기 위해, 아래에 추가로 논의되는 관측 윈도우 또는 CMP 종료점 검출 윈도우는 양이온 방법에 의해 경화되는 조성물로부터 형성될 수 있다. 일부 실시예에서, 형성된 진보된 연마 패드 내의 층들 중 일부는 양이온 경화 방법의 이용에 의해 형성될 수 있고, 이러한 층들 중 일부는 자유 라디칼 경화 방법으로부터 형성될 수 있다.

[0141] 첨가 타입 폴리머 예들

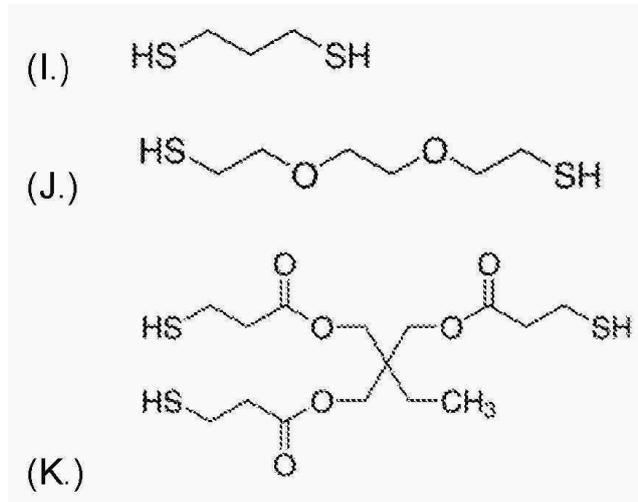
[0142] 앞에서 언급된 아크릴 자유 라디칼 및 양이온 에폭시 중합 이외에, 다른 "첨가 타입" 중합 반응들 및 화합물들이 패드 바디(202), 제1 연마 요소(204) 및 제2 연마 요소(206)를 갖는 CMP 패드들과 같은 프린팅된 연마 제품들을 제조하는데 유용할 수 있다. 연마 제품 내의 폴리머 층들을 프린팅의 프로세스에서, 고체, 액체, 또는 가스 부산물들이 없는 첨가 타입 중합을 이용하는 것이 유리하다. 하나 이상의 타입의 부산물들의 생성은 부산물 포착, 보이드 형성, 블리스터링, 및 잠재적으로 유해한 물질들의 아웃개싱과 같은 재료, 구조 및 환경 문제들을 야기할 수 있는 것으로 여겨진다. 첨가 타입 중합 프로세스와는 대조적으로, 축합 중합 반응은 물 또는 다른 화합물과 같은 적어도 하나의 부산물을 생성할 수 있으며, 따라서 프린팅된 연마 제품을 형성하기 위한 바람직한 합성 경로가 아니다. 앞에서 언급된 아크릴 자유 라디칼 및 양이온 에폭시 중합 이외에, 유용하고 대안적인 첨가 타입 중합은 티올-엔 및 티올-인 타입, 아민 및/또는 알콜과의 에폭시 반응, 마이클 첨가 타입, 개환 중합(ROP), 고리 형성 또는 Diels-Alder 중합(DAP) 타입을 포함하지만 이에 한정되지는 않는다. 일반적으로, 그리고 본 개시내용의 목적으로, "첨가 타입" 중합 반응들은 원하는 속성들을 갖는 폴리머 재료를 형성하지만, 부산물(들)은 생성되지 않도록 적어도 하나의 화합물과 다른 화합물의 반응 및/또는 전자기 복사의 이용을 수반할 수 있다. 또한, 다른 화합물과 첨가 중합 반응을 겪는 화합물은 본 명세서에서 "첨가 폴리머 프리커서 성분"으로 기술될 수 있고, 적어도 하나의 첨가 폴리머 프리커서 성분을 수반하는 합성 재료 형성 프로세스에서 "부분

A" 및/또는 "부분 B"라고도 지칭될 수 있다.

- [0143] 중요하게는, 티올-엔 및 ROP 타입들과 같은 앞에서 언급된 첨가 중합은 프린팅된 폴리머 층 및 연마 제품의 생성에서 중요한, 저장 탄성률(E'), 손실 탄성률(E''), 점성 댐핑, 리바운드, 압축, 탄성, 연신율, 및 유리 전이 온도를 포함하지만 이에 한정되지는 않는 물리적 속성들의 튜닝 및 조작을 가능하게 할 수 있다. 아크릴레이트 재료들에 대해 본 명세서에서 이전에 설명된 많은 기본적인 합성 제제 및/또는 재료 형성 스킴, 및 화학적 기초들은 아래에 논의되는 첨가 폴리머 반응들에 대해 유효하다는 점에 유의한다. 예를 들어, 대체 첨가 폴리머들은 패드 바디(202) 내의 제1 연마 요소(204) 및 제2 연마 요소(206)에서 발견되는 재료들의 낮은, 중간, 및 높은 저장 탄성률 E'에 기여할 수 있는 세그먼트들을 포함할 수 있다. 일례에서, 방향족 기들은, 페닐 고리들(phenyl rings)에 의해 부여되는 소정의 국소적 강성(local rigidity) 때문에, 패드 바디(202)에 추가의 강성도를 부여할 수 있다. 또한, 본 명세서에 설명된 대체 첨가 폴리머들의 알킬 및/또는 에테르 사슬 세그먼트들의 길이를 증가시키는 것은 저장 탄성률 E'를 저하시키고, 따라서 가요성이 증가된 더 연질의 재료를 생성할 것으로 여겨진다. 대체 첨가 폴리머들은 또한 지방족, 방향족, 올리고머일 수 있는 R 그룹을 함유할 수 있으며, 산소와 같은 헤테로 원자들을 함유할 수 있다. 대체 첨가 폴리머들은 또한 일관능성, 이관능성, 삼관능성, 사관능성, 오관능성 및/또는 육관능성인 R 기들을 가질 수 있고, 그러므로 가교결합을 위한 포커스들의 역할을 할 수 있고, 그의 조작은 "연질" 또는 낮은 저장 탄성률 E' 재료, "중간 연질" 또는 중간 저장 탄성률 E' 재료, 또는 "경질" 또는 높은 저장 탄성률 E' 재료를 생성할 수 있다.
- [0144] 추가로, 첨가 폴리머들 및 R 기들은 음 전하 및/또는 양 전하를 함유할 수 있는, 또는 중성으로 하전될 수 있는 수용성 기들을 가질 수 있고, 아마이드, 이미다졸, 에틸렌 및 프로필렌 글리콜 유도체, 카르복실레이트, 술포네이트, 술페이트, 포스페이트, 히드록실 및 4급 암모늄(quaternary ammonium) 화합물을 포함하지만 이에 한정되지는 않는다. 중합될 수 있는 일부 수용성 화합물들은: 1-비닐-2-피롤리돈, 비닐이미다졸, 폴리에틸렌 글리콜 디아크릴레이트, 아크릴산, 스티렌술포네이트 나트륨, Hitenol BC10[®], Maxemul 6106[®], 히드록시에틸 아크릴레이트 및 [2-(메타크릴로일옥시)에틸트리메틸암모늄 클로라이드, 3-알킬옥시-2-히드록시-1-프로판술포산 나트륨, 4-비닐벤젠술포네이트 나트륨, [2-(메타크릴로일옥시)디메틸-(3-술포프로필)암모늄 수산화물, 2-아크릴아미도-2-메틸-1-프로판술포산, 비닐포스포산, 알릴트리페닐포스포늄 클로라이드, (비닐벤질)트리메틸암모늄 클로라이드, 알릴트리페닐포스포늄 클로라이드, (비닐벤질)트리메틸암모늄 클로라이드, E-SPERSE RS-1618, E-SPERSE RS-1596, 메톡시 폴리에틸렌 글리콜 모노아크릴레이트, 메톡시 폴리에틸렌 글리콜 디아크릴레이트, 메톡시 폴리에틸렌 글리콜 트리아크릴레이트를 포함하지만 이에 한정되지는 않는다.
- [0145] 일부 실시예에서, 첨가 폴리머들은 하나 이상의 선형 폴리머를 포함할 수 있다. 이러한 타입의 폴리머의 예들은 폴리(메틸 메타크릴레이트), 폴리(스티렌-코-메틸 메타크릴레이트), 폴리(스티렌-코-메타크릴 산), 폴리(스티렌-코-아크릴로니트릴), 폴리(메틸 메타크릴레이트-코-에틸 아크릴레이트) 및 폴리(벤질 메타크릴레이트)를 포함할 수 있지만 이에 한정되지는 않는다.
- [0146] 일부 실시예에서, 프린팅된 폴리머 층들 및 CMP 패드들과 같은 연마 제품들을 생성하기 위해 티올-엔 타입첨가 반응이 이용될 수 있다. 티올-엔/티올-인 반응들은 자유 라디칼 또는 이온 메커니즘에 의해 이중 또는 삼중 결합을 가로지르는 S-H 결합의 부가를 수반한다. 티올-엔 반응들은 히드로실릴화 반응의 황 버전으로 생각될 수 있고, 또한 불포화 탄소-탄소 결합들을 함유하는 화합물들과의 중합 반응을 겪는 황 중심 라디칼 종을 생성하는데 이용될 수 있다. 티올-엔 첨가 중합의 이점들은 산소 억제 없음, 100%에 근접하는 중합 효율, (아크릴 이외에) 알릴 기들과의 반응, 및 높은 정도의 고분자 구조 제어를 포함하고 이는 결국 종래의 아크릴 자유 라디칼 중합 형성된 연마 제품 재료들과는 대조적으로, 형성된 연마 제품의 저장 또는 손실 탄성률 및 탄젠트 델타 속성들을 튜닝하는 능력을 제공한다. 추가로, 적어도 하나의 화합물과 아크릴 및 알릴 기들의 혼합물을 수반하는 혼합된 중합들이 수행되어 재료의 탄젠트 델타를 낮히고 가요성, 연신율, 및 경도와 같은 그의 기계적 속성들을 조정하고, 비용을 절약하고 저장 탄성률과 같은 물리적 속성들을 밸런싱할 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에서, 단일 저장소에서, 퇴적에 앞서, 지방족 알릴 에테르가 아크릴 에스테르에 25:75 몰 비율로 혼합될 수 있다. 아크릴 화합물들은 경화 후에 탄성률 및 가교결합을 증가시키고, 연마 제품의 특정 영역들에서 더 낮은 비용/몰의 모노머(들)를 달성하는 데 이용될 수 있다.
- [0147] 도 3d는 본 개시내용의 실시예에 따른, 티올-엔 중합을 위한 부분 A 및 부분 B와 같은 첨가 폴리머 프리커서들 또는 화합물들을 함유할 수 있는 수치 프리커서 성분들 중 하나 이상을 혼합 및 분배하는 데 이용될 수 있는 노즐 어셈블리의 개략도이다. 도시된 바와 같이, 액적 토출 프린터(306A)는 적어도 하나의 수치 프리커서 성분을 혼합 영역(318)에 각각 전달하는 노즐(314), 및 저장소(315) 및 저장소(316)를 포함할 수 있다. 혼합 영역

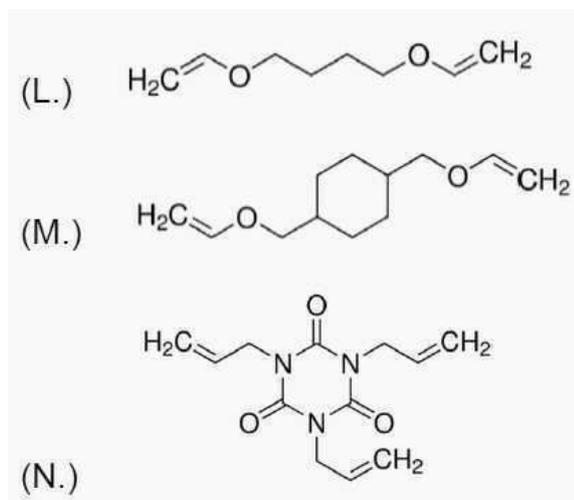
(318)으로 전달된 수지 프리커서 성분들은 혼합 수지 프리커서 조성물의 혼합물을 함유하는 하나 이상의 액적(319)을 형성하기 위해 난류 유도 요소들(318a)에 의한 사용의 지점에서 혼합된다. 난류 유도 요소들(318a)는 또한 나선형의 구불구불한 경로를 포함할 수 있고 이러한 경로를 통해 수지 프리커서 성분들이 혼합된다. 다른 실시예에서, 혼합물은 미리 혼합되어 단일 저장소에 수용될 수 있다. 혼합 후에, 액적들(319)은 도 3a 및 도 3b 및 도 3d에 예시된 바와 같이, 연마 제품과 같은 기판의 표면으로 전달된다. 혼합된 수지 프리커서 성분들의 분배 후에, 액적들은 경화된다. 도 3d에 예시된 봉쇄(containment), 혼합 및 분배 스킴들은 예를 들어 연마 제품의 프린팅을 위해 이용된 티올-엔 중합과 같이, 본 명세서에 설명된 다음의 화학물질들 중 임의의 것에 적용할 수 있다.

[0148] 티올-엔 첨가 중합 반응들은 전형적으로 Irgacure TPO-L[®], 벤조페논 또는 디메톡시페닐 아세토 페논과 같은 광개시제와 함께 또는 이러한 광개시제 없이, 약 150nm 내지 약 350nm, 예컨대 254nm의 파장을 갖는 UV 복사와 같은, 분배된 액적을 경화시키기 위한 UV 조사를 필요로 한다. 티올-엔 화학에 의해 3D 프린팅된 폴리머 층을 생성하는 데 유용할 수 있는 티올의 예들은 다음과 같다: (I.) 1,3-프로판디티올, (J.) 2,2'-(에틸렌디옥시)디에탄티올, 및 (K.) 트리메틸올프로판 트리스(3-머캅토프로피오네이트).



[0149]

[0150] 티올-엔 화학의 사용에 의해 프린팅된 폴리머 층을 생성하는 데 유용할 수 있는 불포화 화합물의 예들은 다음을 포함한다: (L.) 1,4-부탄디올 디비닐 에테르, (M.) 1,4-시클로헥산디메탄올 디비닐 에테르, 및 (N.) 1,3,5-트리알릴-1,3,5-트리아진-2,4,6(1H,3H,5H)-트리온.



[0151]

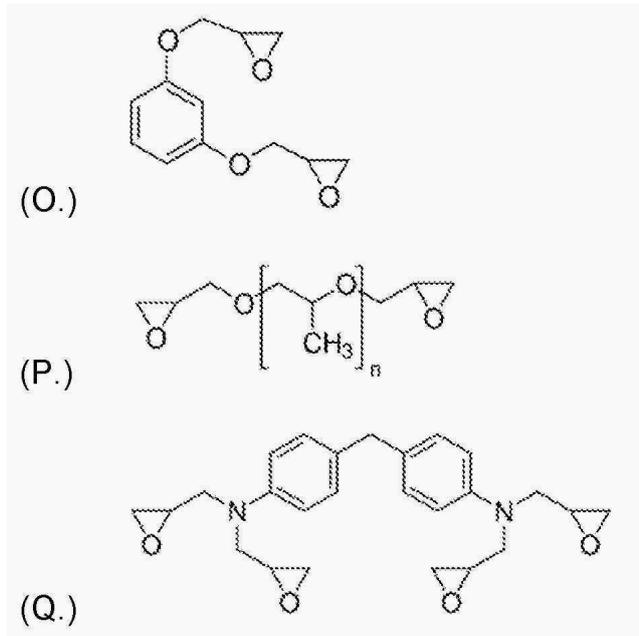
[0152] 티올-엔 중합 반응을 겪는 앞에서 언급된 화학적 화합물들은 비제한적인 예시적인 예들의 역할을 하고, 티올-엔 첨가 폴리머들을 제조하기 위해 본 명세서에서 사용되는 방법들 또는 본 개시내용의 양태들을 한정하기 위해 도되지 않는다. 티올-엔 중합 반응을 위한 화학적 화합물들은 독일 Ludwigshafen의 BASF, 미국 미주리주 St. Louis의 Sigma-Aldrich, 및 펜실베이니아주 Exton의 Sartomer USA와 같은 공급자들로부터 획득될 수 있다.

[0153] 에폭시드 기들에서 발견되는 것들과 같은, 전자 결핍 탄소 중심들을 가진 아민들과 알코올들(친핵체들)의 반응

은 CMP 패드들과 같은 연마 제품들 및 프린팅된 폴리머 층들의 생성에 유용할 수 있는 첨가 중합(예를 들어, 열경화)의 다른 타입이다. 가교결합의 제어 및 사슬 간 결합들의 성질은 경화된 에폭시들에 많은 바람직한 특성들을 부여한다. 이러한 특성들은 많은 기관들에의 우수한 접착력, 높은 강도(인장, 압축 및 굴곡), 화학적 저항성, 피로 피로성, 및 부식 저항성을 포함한다. 처리에서 중요한 점도와 같은 경화되지 않은 에폭시 수지들의 속성들뿐만 아니라, 강도 또는 화학적 저항성과 같은 경화된 에폭시의 최종 속성들은 에폭시 모노머 및 경화제 또는 촉매의 적절한 선택에 의해 최적화될 수 있다. 아민 및 알콜 경화제 둘 다 및 에폭시드의 화학 구조는 저장 탄성률(E'), 경도, 접착력, 가요성 및 연신율과 같은 원하는 물리적 속성을 획득하기 위해 달라질 수 있다. 앞서 설명된 바와 같이, 원하는 가교결합 밀도를 달성하고, 따라서 저장 탄성률(E')과 같은 형성된 재료의 물리적 속성을 튜닝하기 위해 상이한 정도의 관능성을 선택할 수도 있다.

[0154] 일 실시예에서, 부분 A(예를 들어, 디아민 경화제)와 부분 B(예를 들어, 디에폭시드)를 함께 혼합함으로써 프린팅된 폴리머 층들 및 연마 제품들을 생성하기 위해 아민-에폭시 타입 첨가 중합 반응이 이용될 수 있다. 이는 이전에 도 3d에 설명되고 도시된 바와 같이 달성될 수 있다. 일 실시예에서, 하나 이상의 혼합된 액적을 혼합 및 분배한 후에, 그 후 플래시 크세논 램프 또는 IR 레이저와 같은 열 소스를 사용하여 분배된 액적들을 고체 상태로 신속하게 경화시킴으로써 하나 이상의 아민-에폭시 첨가 폴리머 층(대략 1-200 μm 두께)이 형성될 수 있다. 다양한 열 경화 촉진제가 또한 프린팅된 연마 제품을 형성하기 위해 에폭시 열경화성 폴리머 층을 경화시키는 데 사용될 수 있고, 페닐 우레아, 삼염화 붕소 아민 착물, 이미다졸, 지방족 비스 우레아, 페놀, 및 레조르시놀을 포함하지만 이에 한정되지는 않는다. 대체 실시예에서, 1-팩(one-pack) 열경화성 제제를 사용하여 프린팅된 폴리머 층들 및 CMP 패드들을 생성할 수 있고, 이들은 단일 저장소로부터 분배된다. 여기서, 적어도 하나의 디에폭시드 또는 다관능성 에폭시드가 4,4'-메틸렌 비스(페닐 디메틸 우레아)와 같은 촉진제와 함께 또는 이러한 촉진제 없이, 디시아노디아미드(DICY)와 같은 열 잠복성 개시제와 함께, 특정 온도, 예컨대 25°C에서 단일 저장소에 수용될 수 있다. 이러한 혼합물은 열이 가해질 때까지 (성분들의 반응성에 따라) 소정 시간 기간, 예컨대 수 시간 동안 안정적인 수 있다. 위에서 언급된 바와 같이, 플래시 크세논 램프 또는 IR 레이저의 이용에 의해 열이 가해질 수 있고, 이는 DICY 화합물이 활성화되고 고체 상태로 경화되게 된다.

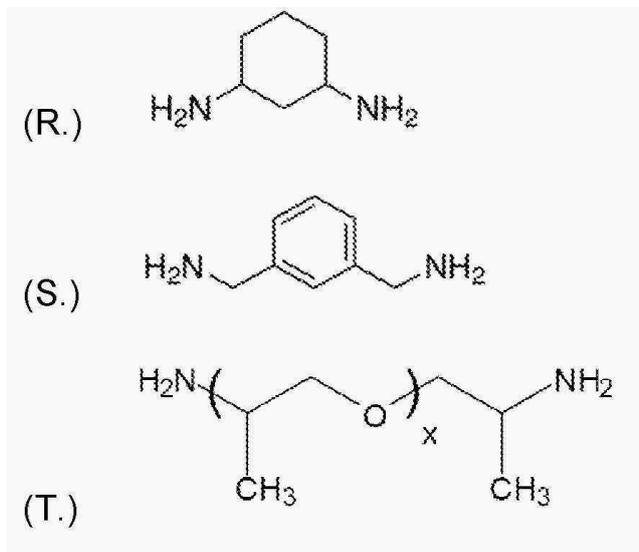
[0155] 에폭시 화합물들 또는 수지들은 비스페놀-F 디글리시딜 에테르, 비스페놀-A 디글리시딜 에테르, 에폭시화 페놀 노볼락 수지, 에폭시화 크레졸 노볼락 수지, 에폭시화 고무, 에폭시화 오일, 에폭시화 우레탄, 에폭시 에테르, 다환상 방향족 에폭시, 및 이들의 조합들을 포함할 수 있다. 에폭시들은 모노머, 올리고머, 또는 폴리머일 수 있다. 에폭시 수지의 신중한 선택과, 화학 구조 및 에폭시화 또는 에폭시 관능화의 정도의 고려에 의해, 바람직한 값 범위들 내에서 조정될 수 있는 탄성률들을 갖는 폴리머 층들을 포함하는 프린팅된 연마 제품을 제조할 수 있다. 일 실시예에서, 에폭시 개질된 폴리우레탄들 또는 고무를 저점도 방향족 에폭시드, 레조르시놀 디글리시딜 에테르와 혼합하여, 약 25°C 내지 약 200°C, 예컨대 75°C의 온도에서 아민 경화시 원하는 탄성률을 달성할 수 있다. 프린팅된 폴리머 층들을 생성하는 데 유용할 수 있는 에폭시드의 추가 예들은 다음과 같다: (O.) 레조르시놀 디글리시딜 에테르, (P.) 폴리(프로필렌 글리콜) 디글리시딜 에테르, 및 (Q.) 4,4'-메틸렌비스(N,N-디글리시딜 아닐린).



[0156]

[0157]

마찬가지로, 다수의 아민 화합물이 프린팅된 폴리머 층들 및 CMP 패드들의 생성에 이용가능하다. 아민들은 형태가 모노머, 올리고머, 및 폴리머일 수 있고, 적어도 하나의 아민 활성 수소와 함께, 분자 당 적어도 하나의 아민 기를 함유할 수 있다. 적합한 아민들은 지방족 아민, 지환족 아민, 폴리에테르아민, 폴리에틸렌아민, 수지상 아민, 및 방향족 아민을 포함하지만 이에 한정되지는 않는다. 프린팅된 폴리머 층을 생성하는 데 유용한 아민의 몇 가지 예들은 다음과 같다: (R.) 1,3-시클로헥산디아민, (S.) m-크실릴렌디아민, 및 (T.) Jeffamine D®.



[0158]

[0159]

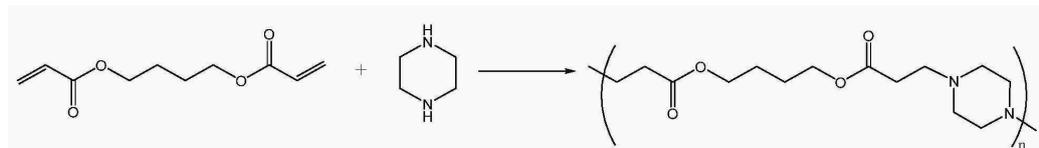
에폭시 첨가 중합 반응을 겪을 수 있는 전술한 에폭시 및 아민 화학적 화합물들은 비제한적인 예시적인 예들의 역할을 하고, 프린팅 프로세스들을 통해 폴리머 층들 또는 연마 제품을 제조하기 위해 본 명세서에서 이용되는 방법들 또는 본 개시내용의 임의의 양태들을 한정하지는 않는다. 에폭시 첨가 중합 반응을 겪을 수 있는 화학적 화합물은 독일 Ludwigshafen의 BASF, 미국 미주리주 St. Louis의 Sigma-Aldrich, 미국 뉴저지주 Moorestown의 CVC Thermoset Specialties of Emerald Performance Materials, 및 미국 텍사스주 우드랜즈(The Woodlands)의 Huntsman Advanced Materials와 같은 공급자들로부터 획득될 수 있다.

[0160]

디아민과 같은 다관능성 아민들은 다른 첨가 중합 반응들에서 유용하다. 이러한 반응 중 하나는 1차 또는 2차 아민이 전자 결핍 이중 결합과 반응하는 마이클 첨가 중합반응(1,4-공액 첨가)으로 알려져 있다. 구체적으로, 마이클 첨가는 친핵체들과 활성화된 올레핀 및 알킨 관능기들 사이의 반응이고, 여기서 친핵체는 카르복실기와 같은 전자 흡인 및 공명 안정화 활성화 기에 인접한 탄소-탄소 다중 결합을 가로질러 부가된다. 마이클 첨가 중합친핵체는 "마이클 도너"로 알려져 있고, 활성화된 친전자성 올레핀은 "마이클 억셉터"로 알려져 있고, 두

성분의 반응 생성물은 "마이클 첨가 생성물"로 알려져 있다. 마이클 도너의 예들은: 아민, 티올, 포스핀, 카르바니온, 및 알콕시드를 포함하지만 이에 한정되지는 않는다. 마이클 억셉터의 예들은: 아크릴레이트 에스테르, 알킬 메타크릴레이트, 아크릴로니트릴, 아크릴아미드, 말레이미드, 시아노아크릴레이트 및 비닐 술폰, 비닐 케톤, 니트로 에틸렌, a,b-불포화 알데히드, 비닐 포스포네이트, 아크릴로니트릴, 비닐 피리딘, 아조 화합물, 베타-케토 아세틸렌 및 아세틸렌 에스테르를 포함하지만 이에 한정되지는 않는다. 임의의 수의 상이한 마이클 억셉터 및/또는 혼합물이 가요성, 연신율, 경도, 인성, 탄성률, 및 제품의 소수성 또는 친수성과 같은 원하는 물리적 속성을 획득하거나 튜닝하는 데 이용될 수 있다는 점에 또한 유의한다. 예를 들어, 마이클 억셉터는 일관능기, 이관능기, 삼관능, 및 사관능기일 수 있고, 각각의 기 R은 상이한 분자량, 사슬 길이, 및 분자 구조를 가질 수 있다. 유사하게, 마이클 도너는 앞에서 언급된 특성들에 기초하여 선택되거나 식별될 수 있다. 일 실시예에서, 프린팅된 연마 제품은 반응 예 1에 예시된 바와 같이 디아크릴레이트, 1,4-부탄디올 디아크릴레이트 (10.1 mmol), 및 디아민, 피페라진(10 mmol)을 사용하여 생성될 수 있다.

[0161] 반응 예 1.



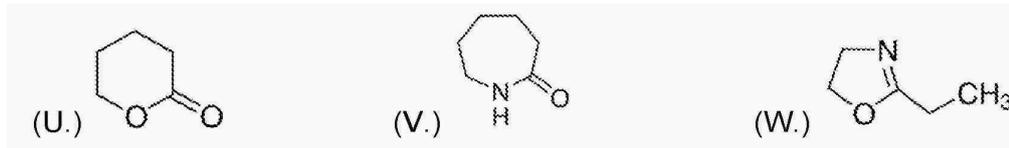
[0162] 도 3d에 예시된 바와 같이, 일 실시예에서, 디아크릴레이트 및 디아민은 2개의 분리된 저장소(315, 316)에 상주할 수 있고, 그 후 구불구불한 경로 분배 노즐(314)의 혼합 영역(318) 내에서 혼합되고, 액적들로서 분배되고, 그 후 크세논 플래시 램프로 열적으로 경화되어 폴리머 층을 형성할 수 있다.

[0163] 이전에 설명된 아크릴레이트 A-H를 포함하지만 이에 한정되지는 않는, 마이클 첨가 폴리머를 제조하는 데 사용될 수 있는 다수의 유용한 아크릴레이트가 존재한다. 유사하게, 적어도 2개의 1차 또는 2차 아민 그룹을 함유하는 아민은 이전에 설명된 아민 R-T를 포함할 수 있지만, 이에 한정되지는 않는다. 이러한 화합물들에 대한 소스들은 미국 미주리주 St. Louis의 Sigma-Aldrich, 펜실베이니아주 Exton의 Sartomer USA, 미국 코네티컷주 Torrington의 Dymax Corporation, 미국 조지아주 Alpharetta의 Allnex Corporation, 독일 Ludwigshafen의 BASF, 및 미국 텍사스주 우드랜드(The Woodlands)의 Huntsman Advanced Materials를 포함한다.

[0164] 다른 실시예에서, 프린팅된 연마 제품은 개환 중합(ROP)을 사용하여 생성될 수 있다. ROP는 선형, 분지형 및 네트워크 폴리머 재료들을 생성하기 위한 환상 모노머들의 개환을 수반한다. ROP에 유용할 수 있는 환상 모노머들은 올레핀, 에테르, 티오에테르, 아민(예를 들어, 아지리딘 및 옥사졸린), 티올락톤, 이황화물, 황화물, 무수물, 탄산염, 실리콘, 포스파젠 및 포스포나이트 에폭시드, 아세탈 및 포말, 락톤 및 락탐을 포함하지만 이에 한정되지는 않는다. 환상 ROP 출발 재료, 또는 시약은 다관능성, 모노머, 올리고머, 폴리머, 및 분지형일 수 있고, 라디칼 ROP(RROP), 양이온 ROP(CROP), 음이온 ROP(AROP) 및 개환 메타세시스 중합(ROMP)을 포함하는 임의의 수의 메커니즘에 의해 개환될 수 있다.

[0165] 대부분의 경우, ROP 중합들은 물과 같은 바람직하지 않은 부산물들을 생성하지 않고, 폴리카보네이트를 생성할 수 있는 종래의 축합 중합과 같은, 통상적으로 물 부산물을 생성하는 폴리머들에 "건조한" 경로들을 제공할 수 있다. 예를 들어, 케톤 아세탈의 ROP는 물 부산물이 없는 유용한 폴리 에스테르를 생성할 수 있다. 위에서 언급된 바와 같은, 다른 예는 폴리아세탈, 1,3,5-트리옥산 및 옥시란 또는 1,3,5-트리옥산 및 1,3-디옥솔란의 공중합체, 폴리테트라히드로푸란, 테트라히드로푸란 및 옥시란의 공중합체, 폴리(3,3-비스(클로로-메틸) 옥세탄), 폴리실록산, 에틸렌이민 및 폴리포스파젠의 폴리머를 포함하는 폴리머들을 생성할 수 있는, 양으로 하전된 또는 양이온 중간체(양이온 ROP 또는 CROP)를 수반하는 ROP이다. ROP에 의해 생성되는 다른 유용한 폴리머들은: 폴리시클로옥텐, 폴리카르보 네이트, 폴리노르보르넨, 폴리에틸렌 옥사이드, 폴리실록산, 폴리에틸렌이민, 폴리글리콜라이드, 및 폴리락티드를 포함하지만 이에 한정되지는 않는다.

[0166] 고리 크기, 축 기 치환, 및 관능화의 정도와 같은 환상 ROP 프리커서 화학 구조의 신중한 선택에 의해, 가요성, 연신율, 경도, 및 인성과 같은 프린팅된 연마 제품의 물리적 속성들, 형성된 제품의 저장 탄성률(E'), 및 소수성 또는 친수성 성질을 튜닝할 수 있다. 프린팅된 연마 제품을 생성하는 데 유용할 수 있는 ROP 환상 모노머들의 예들은 다음을 포함한다: (U.) 폴리에스테르를 생성하는 δ 발레로락톤, (V.) 폴리아미드를 생성하는 ε 카프롤락탐, 및 (W.) 폴리옥사졸린을 생성하는 2-에틸-2-옥사졸린.



[0168]

[0169]

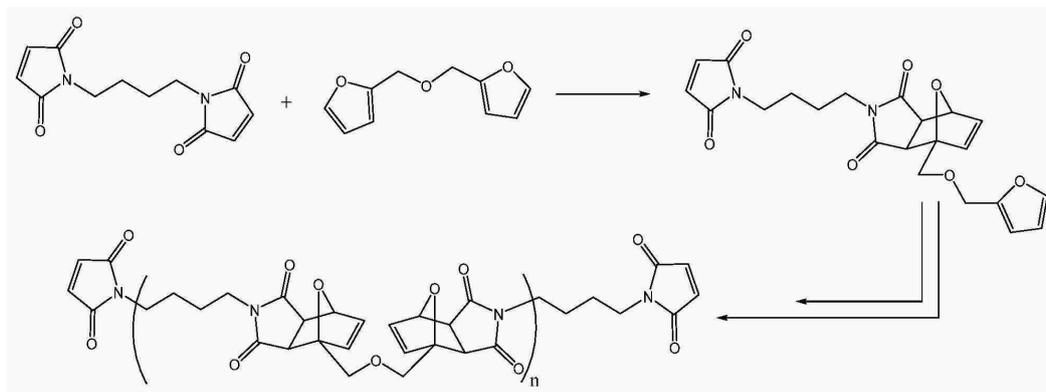
본 개시내용의 추가 실시예에서, Diels-Alder(DA) 반응을 이용하여 프린팅된 연마 제품을 생성할 수 있다. 고전적인 DA 반응은 안정적인 시클로헥센 유도체("첨가 생성물")를 제공하기 위해 공액 디엔과 제2 성분("디에노필(dienophile)") 사이의 [4+2] 환첨가 반응(cycloaddition reaction)이다. 디엔 및 디에노필의 선택은 복잡한 관능기들 및/또는 보호된 또는 잠복된 관능기들을 함유하는 환상, 헤테로환상 및 및 고도로 치환된 재료들을 포함할 수 있다. 디엔은 2개의 이중 결합이 단일 결합에 의해 분리되는 임의의 공액 디엔으로 이해될 수 있고, 디에노필은 바람직하게는 전자 흡인 기에 인접한 이중 결합을 갖는 화합물일 수 있다. 디엔 프리커서는 공액 디엔을 함유하는 임의의 5 내지 8 멤버 고리로 이루어질 수 있고, 여기서 모든 고리 멤버들은 공액 디엔 계에서 탄소 원자들 또는 질소, 산소, 황 및 이들의 혼합물들로부터 선택된 헤테로 원자들과 탄소 원자들의 혼합물이다. 고리 원자들은 치환되지 않거나 전자 공여 치환기들(예를 들어, 알킬, 아릴, 아릴알킬, 알콕시, 아릴옥시, 알킬티오, 아릴티오, 아미노, 알킬-치환 아미노, 아릴-치환 아미노, 알콕시-치환 아미노기 및 그와 유사한 것)을 함유할 수 있다. 디에노필은 DA 반응을 겪을 있는 임의의 불포화 기로 이루어질 수 있다. 언급된 바와 같이, 디에노필은 치환되지 않거나 또는 전자 흡인 기들을 함유하는 시아노, 아미도, 카복시, 카복시 에스테르, 니트로 또는 방향족 고리와 같은 전자 흡인 기들로 치환될 수 있다. 대안적으로, 디에노필은 하나 이상의 전자 흡인 기와 공액되는 고리 구조 내의 이중 결합일 수 있다. DA 반응은 또한 온도를 증가시킴으로써 첨가 생성물의 분리가 발생하게 하는, 열적으로 가역의 특성을 나타낼 수 있다. 본 개시내용의 목적으로, 적합한 디엔 및 디에노필은 전형적인 사용자의 환경에서 마주칠 것 같은 온도들, 예컨대 연마 프로세스 동안에 발견되는 온도들에서 역(reverse) 또는 "레트로(retro)" DA 반응을 겪을 것 같지 않은 DA 반응에 참여할 수 있는 임의의 그러한 재료일 수 있다. 일 실시예에서, 연마 제품은 연마 프로세스 동안에 발견되는 것들보다 훨씬 높은 온도들에서 모노머들로 재순환될 수 있다.

[0170]

일 실시예에서, Diels-Alder 반응은 프린팅된 폴리머 층들 및 CMP 패드와 같은 연마 제품들을 생성하는 데 이용될 수 있다. 반응 예 2에 예시된 바와 같이, 비스말레이미드 화합물이 비스푸란 화합물과 반응하여 폴리머를 형성할 수 있다:

[0171]

반응 예 2:



[0172]

[0173]

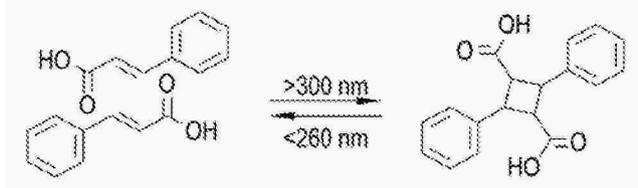
중합에 대해, 디엔 및 디에노필 분자들의 요건은 이들이 하나 이상의 연결 기에 의해 분리된 적어도 2개의 디엔 또는 디에노필 반응성 사이트들을 각각 함유하는 것이다. 또한, DA 중합 반응 생성물들은 선형 공중합체, 분지형 사슬 폴리머 또는 공중합체, 블록 공중합체, 및 스타 또는 수지상 폴리머를 포함할 수 있다. 디엔 및 디에노필 화합물들에 대한 소스는 미국 미주리주 St. Louis의 Sigma-Aldrich이다.

[0174]

본 개시내용의 실시예에서, 광반응성 기들을 함유하는 방향족 화합물들을 사용하여 폴리머 층 및 프린팅된 연마 제품을 생성할 수 있다. 광반응성 기들은 UV 광에 노출될 때 폴리머 및/또는 더 큰 폴리머 네트워크의 부분들의 중합 및/또는 결합에 관여할 수 있다. 이러한 타입의 반응들은 원하는 경우 적절한 파장의 광의 인가시에 역전될 수 있는 $[4\pi + 4\pi]$ 또는 $[2\pi + 2\pi]$ 환첨가 메커니즘에 의해 진행될 수 있다. $[2\pi + 2\pi]$ 환첨가 반응의 경우, 시클로부탄 이량체를 형성하기 위해 2개의 알켄 사이에 광이량체화가 발생할 수 있다. 유용한 광반응성 모노머, 올리고머, 및 폴리머는 $[4\pi + 4\pi]$ 또는 $[2\pi + 2\pi]$ 환첨가 메커니즘에 의해 반응할 수 있는

안트라센, 신남 산, 쿠마린, 티민, 및 스틸벤 기들을 포함하지만 이에 한정되지는 않는 광반응성 기들을 포함할 수 있다. 하나의 예시적인 예는 반응 예 3이고, 여기서 신남 산은 $[2\pi+2\pi]$ 환첨가 반응을 겪고 시클로부탄 기를 생성한다. 이러한 결합 형성 반응은 $[4\pi + 4\pi]$ 또는 $[2\pi + 2\pi]$ 환첨가 반응들을 겪은 다관능성 모노머 및 올리고머를 이용하여, UV 광원 또는 적절한 파장의 다른 형태의 복사에 노출될 때 폴리머 재료를 생성하는 데 사용될 수 있다는 점에 유의한다. $[4\pi + 4\pi]$ 또는 $[2\pi + 2\pi]$ 환첨가 반응의 일례는 반응 예 3을 포함할 수 있다:

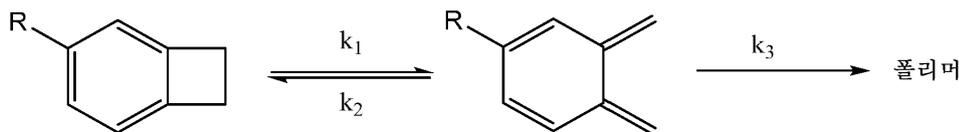
[0175] 반응 예 3:



[0176] 일반적으로, $[4\pi + 4\pi]$ 또는 $[2\pi + 2\pi]$ 환첨가 반응 또는 중합은 약 0.1초 내지 약 100초의 기간 동안 약 0.1 J/cm^2 내지 약 500 J/cm^2 의 복사 노출 레벨의 UV 복사 파장에서 개시될 것이다. UV 복사 조사량 및 강도는 필름 두께 및 다른 요인들에 의존하는 원하는 레벨의 전환을 달성하도록 조정될 수 있다. UV 복사는, 수은 마이크로파 아크 램프들(mercury microwave arc lamps)(예를 들어, H 전구, H+ 전구, D 전구, Q 전구, 및 V 전구 타입 램프들), 펄스화된 크세논 플래시 램프들, 고효율 UV 발광 다이오드 어레이들, 및 UV 레이저들과 같은 임의의 UV 소스에 의해 제공될 수 있다. 원한다면 적합한 광학계를 이용하여 복사를 패터닝하거나 원하는 영역들에만 노출을 한정할 수 있다. UV 복사는 약 170nm 내지 약 500nm의 파장을 가질 수 있다. 광반응을 위한 유용한 온도 범위는 약 -25°C 내지 약 25°C 일 수 있다. 이러한 화합물들에 대한 소스는 미국 미주리주 St. Louis의 Sigma-Aldrich이다.

[0178] 본 개시내용의 다른 실시예에서, 벤조시클로부텐(BCB) 화합물들이 CMP 패드와 같은 프린팅된 연마 제품을 생성하는 데 이용될 수 있다. 벤조시클로부텐 화합물들은 분자 당 적어도 하나의 BCB 기를 함유하는 열적으로 중합 가능한 모노머들이다. 반응 예 4에 도시된 바와 같이, 제1 평형 단계는 고도로 반응성인 o-크실렌(k_1/k_2)을 획득하기 위해 BCB 4-멤버 환의 열적으로 활성화된 개환을 수반한다. 그 후 이 반응성 중간체는 즉시 $[2\pi+4\pi]$ DA 반응(k_3)을 겪고 폴리머를 형성한다.

[0179] 반응 예 4:



[0180] 그 관능성에 따라, BCB는 열경화성 또는 열가소성 재료들을 산출하기 위해 중합될 수 있고, 크세논 플래시 램프 또는 IR 레이저와 같은, 액적 분배 후 임의의 적합한 방법을 이용하여 경화될 수 있다. 폴리머는 전형적으로 연마 프로세스에서 발견되는 온도들에서의 기계적 속성들의 유지 및 양호한 열적 안정성을 나타낸다. 본 기술 분야의 통상의 기술자들은 연마 제품에 가장 적당한 저장 탄성률(E'), 경도, 접착력, 가요성, 및 연신율과 같은 원하는 물리적 속성을 획득하기 위해 BCB의 화학적 구조가 달라질 수 있음을 알 것이다. BCB 화합물들에 대한 소스들은 미국 미주리주 St. Louis의 Sigma-Aldrich 및 미국 미시건 주 Midland의 Dow Chemical Company(Cyclotene[®])를 포함한다.

[0182] 전형적으로, 진보된 연마 패드 내에서 더 강성의 재료들을 형성하는 데 사용되는 제제들은 진보된 연마 패드의 통상의 사용 동안에 하중이 가해질 때 원하는 레벨의 연신율을 종종 가지지 않는 재료들을 형성한다. 일부 실시예에서, 이 문제를 해결하기 위해, 원하는 인장 강도를 유지하면서 형성된 재료의 연신율이 증가될 수 있도록, 제제 및 따라서 경화 재료에 엘라스토머 재료를 도입하는 것이 바람직할 수 있다. 일부 경우에, 이러한 개선된 재료들은 아크릴 모노머들과 함께 폴리우레탄 올리고머 메타크릴레이트 계 재료들의 이용에 의해 달성될 수 있다. 분배된 새로운 제제를 경화시키는 능력의 임의의 저하를 막기 위한 노력으로, Exothene 타입의 재료들이 사용될 수 있다.

[0183] 상호침투하는 폴리머 네트워크들

[0184] 위에서 논의된 바와 같이, 본 명세서에 설명된 적층 제조 프로세스들은, 퇴적된 조성물들의 속성들이 결합되어, 개별 재료들의 속성들의 평균 또는 속성들의 "복합물"인 속성들을 갖는 연마 패드를 생성할 수 있도록, 진보된 연마 패드의 특정 패드 영역들에서 원하는 속성들을 갖는 재료 조성물들의 특정 배치를 가능하게 한다. 본 개시내용의 다른 양태에서, 속성들의 평균 또는 속성들의 "복합물"은 표 3의 재료들 또는 본 명세서에 설명된 다른 관련 수치 프리커서 성분들(이들로 한정되지는 않지만)로부터 선택되는 수치 프리커서 성분들의 신중한 선택에 의해, 층 내의, 또는 층별로 재료들의 "상호침투하는 폴리머 네트워크(interpenetrating polymer network)"의 창조 또는 생성에 의해, 층 내에서, 및/또는 층별로 고유하게 튜닝되거나 조정될 수 있는 것으로 밝혀졌다.

[0185] 상호침투하는 폴리머 네트워크(IPN)는 폴리머들 중 적어도 하나의 폴리머가 다른 폴리머의 존재 시에 합성되는 네트워크 내의 2개 이상의 폴리머의 블렌드로 정의될 수 있다. 이는 하나의 폴리머의 폴리머 사슬들이 다른 폴리머에 의해 형성된 네트워크와 얽히게 되고/되거나 그러한 네트워크에 침투하는 "물리적으로 가교결합된" 네트워크를 생성할 수 있다. 각 개별 네트워크는 개별 속성들을 유지하고, 따라서 E'30, E'90, E'30/E'90, 강도, 인성, 압축 및 연신율을 포함하는 속성들의 상승작용적인 개선이 실현될 수 있다. IPN은 IPN이 팽창할 수도 있지만 용매들에 용해되지 않을 수도 있는 방식으로 폴리머 블렌드와 구별될 수 있고, 재료 크리프(creep) 및 유동이 억제된다. 일부 경우들에서, 친밀한 폴리머 얽힘 및/또는 네트워크 구조들 때문에, IPN은 "폴리머 합금"으로 알려져 있을 수 있고, 그에 의해 폴리머 블렌드들은 화학적으로 호환가능한하고/하거나 잘 혼합되어 원하는 상 모폴로지 및 연관된 속성들을 달성할 수 있다. IPN은 친밀한 물리적 접촉 상태에 있지만, 화학적으로 서로 결합될 수도 있고 결합되지 않을 수도 있는 적어도 2개의 폴리머의 물리적인 얽힘 또는 인터레이스(interlacement)에 의해 이상적으로 형성된 그들의 다중 연속 구조를 통해 다른 다수의 시스템 또는 네트워크와 구별될 수 있다.

[0186] 본 개시내용의 실시예들에서, IPN은 연마 패드들의 속성들을 튜닝 및 조정하여 층 내에 및/또는 층별로 원하는 속성들의 복합물, 예컨대 E'30, E'90, E'30/E'90, 강도, 인성, 압축, 및 연신율을 포함하는 속성들을 생성하는데 이용된다. 일부 실시예에서, 폴리머는 약 1 중량% 내지 약 50 중량%, 예컨대 약 5 중량% 내지 약 25 중량%, 및 약 10 중량%로 수치 프리커서 성분들의 혼합물 또는 제제 혼합물에 첨가될 수 있다. 중요하게는, 폴리머의 분자량, 사슬 길이 및 분지화는 폴리머 혼화성 및 혼합물 점도를 포함하는 그러한 인자들로 인해 폴리머의 중량 퍼센트에서 역할을 할 수 있다. 예를 들어, 선형 폴리머는 분지된 폴리머보다 더 점성이 있는 혼합물을 생성할 수 있다. 일부 실시예에서, 예비-경화된 혼합물 내의 폴리머는 UV 광에 대해 불활성일 수 있고, 모노머 또는 올리고머와 같은 다른 관능성 수치 프리커서 성분들과의 중합에 관여하지 않을 수 있다. 다른 실시예들에서, 첨가된 폴리머는 모노머 또는 올리고머와 같은 수치 프리커서 성분들과의 중합에 관여할 수 있는 아크릴 기 및 에폭시 기와 같은 화학 관능기 또는 기들을 함유할 수 있다. 본 개시내용에서는 IPN 합성의 방법을 한정하지도 않고, IPN을 생성하는 데 사용되는 수치 프리커서 성분 또는 폴리머의 타입들을 한정하지도 않는다.

[0187] 본 개시내용의 추가 실시예들에서, 모노머 또는 올리고머와 같은 수치 프리커서 성분들의 UV 광중합으로부터 생성될 수 있는 성장하는 가교결합된 네트워크 내에 선형 폴리머가 포획될 수 있는 IPN이 생성될 수 있다. 하나의 경우에, 선형 폴리머의 속성들(예를 들면, 연신율)은 낮은 연신율을 가질 수 있는 경질 가교결합된 재료를 또한 함유하는 IPN 내에서 유지될 수 있으며, 이에 의해 전체적인 속성들의 "복합물" 또는 평균을 생성한다. IPN들은, 그 안의 연질, 중간 경질, 또는 경질 상들 또는 재료들의 연속성, 분포, 및 중량 또는 몰 퍼센트에 따라, 강화된 고무-유사 속성들 내지 경질의 높은 충격성 플라스틱 속성들과 같은 광범위한 속성들을 나타낼 수 있다. 본 개시내용의 일부 실시예에서, IPN들을 함유하는 연마 패드들은 높은 가요성, 연신율(예를 들어, 100% 내지 400%) 및 인성(≥ 2 Mpa)으로 생성될 수 있다. 일부 실시예에서, 적절한 인장 강도를 유지하면서 연마 패드의 연신율을 증가시키는 데 이용될 수 있는 폴리(부틸 메타크릴레이트-코-메틸 메타크릴레이트)(표 3의 A3)와 같은 폴리머를 함유하는 IPN들이 생성된다. 이들 실시예를 나타내는 일부 실험들이 표 8에 제시되어 있다. 표 8의 항목 1은 A3 폴리머(비-IPN)가 없는 실험 대조 표준(experimental control)의 역할을 하고, 항목 2 및 항목 3은 IPN 내의 A3의 중량 퍼센트를 증가시키는 것을 수반하는 상이한 조건들에서 생성된 IPN들을 나타낸다. 결과들은 연마 패드들에서의 IPN의 사용을 입증한다. 이 표에 제시된 인장-연신율 결과들은 ASTM D638 인장 테스트 방법에 따른 것이다.

[0188] <표 8>

항목 번호	재료 조성 (표 3 참조 명칭 참조)	제제 조성 (wt %)	점도 (cP) 70 °C	인장 강도 (Mpa)	연신율 (%)	탄성 회복
1	O8:A3:M2:P5	10:0:90:2	4.5	0.60	~100	예
2	O8:A3:M2:P5	10:5:85:2	9.4	1.5 - 1.9	162-211	예
3	O8:A3:M2:P5	10:10:80:2	25.5	1.5-2.0	283-350	예

[0189]

[0190]

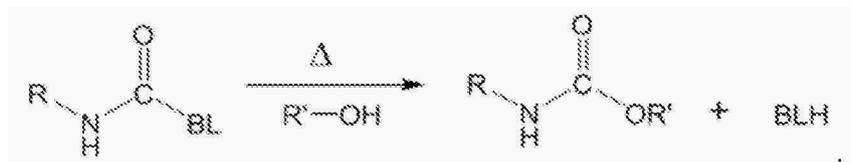
본 개시내용의 추가 실시예들에서, IPN들은 우레탄, 에스테르, 티올-엔, 및 에폭시 폴리머를 포함하는 블렌딩된 재료와 같은 패드 바디(202)의 부분들을 형성하는 2개 이상의 폴리머 재료를 사용하여 형성될 수 있다. 5% 미만의 에폭시를 함유하는 에폭시 폴리머와 우레탄 아크릴레이트의 혼합물은 에폭시 폴리머가 우레탄 아크릴레이트 네트워크를 위한 가소제의 역할을 하는 재료를 생성할 것으로 여겨진다. 그러나, 5% 초과인 에폭시를 함유하는 에폭시 폴리머와 우레탄의 혼합물은 에폭시 폴리머가 우레탄 아크릴레이트 네트워크와 인터레이스하여 형성된 재료의 기계적 속성들, 예컨대 % 연신율, 경도 및 극한 인장 강도에 영향을 미칠 재료를 생성할 것으로 여겨진다. IPN을 형성하는 데 이용될 수 있는 재료의 다른 예들은 폴리(메틸 메타크릴레이트), 폴리(부틸 메타크릴레이트), 폴리(이소부틸 메타크릴레이트), 폴리(부틸 메타크릴레이트-코-메틸 메타크릴레이트), 폴리스티렌, 폴리(스트렌-코- α -메틸스티렌), 폴리(*tert*-부틸 아크릴레이트-코-에틸 아크릴레이트-코-메타크릴 산), 폴리(벤질 메타크릴레이트)를 포함한다.

[0191]

일부 실시예에서, 수지 프리커서 성분들의 혼합물 또는 제제 혼합물은 약 5% 내지 약 50%의 열가소성 폴리머를 함유할 수 있는데, 이 열가소성 폴리머는 적층 제조 프로세스(예를 들어, 3D 프린팅 프로세스) 동안, 프린트 헤드와 같은 퇴적 하드웨어에 의해 분배되는 제제에 완전히 용해된다. 광경화 후에, 열가소성 폴리머 함유 제제는 상호침투하는 폴리머 네트워크를 형성하기 위해 열가소성 폴리머와 인터레이스되는 경향이 있을 것으로 여겨진다. 일례에서, IPN을 형성하는 데 사용되는 열가소성 폴리머는 폴리우레탄, 폴리에스테르, 폴리에테르, 폴리스티렌, 폴리아크릴레이트, 폴리메타크릴레이트, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, PEEK, PEKK와 같은 선형 사슬형 폴리머를 포함한다. IPN을 형성하기 위한 열가소성 폴리머의 첨가는 저장 탄성률, 손실 탄성률, 인장 강도, 연신율, 및 가요성을 포함하는 경화된 재료들의 기계적 성능을 개선하는 경향이 있을 것이다. 메타크릴레이트 모노머와 UV 경화 동안 메타크릴레이트 폴리머 사슬들의 혼입은 매우 어렵기 때문에, 예비-폴리머화된 메타크릴레이트 모노머는 이 선형 폴리머의 용해에 의해 용이하게 액적 제제로 도입될 수 있다.

[0192]

일부 실시예에서, 적층 제조 프로세스는 대안적으로 또는 또한 프린팅 후에 광경화성인 20 내지 70%의 올리고머/모노머 및 열경화성인(예를 들어, 어닐링되는) 30 내지 80%의 올리고머/모노머를 포함하는 잉크 분사가 가능한 수지 프리커서 조성물의 이용을 포함할 수 있다. 광경화성 부분은 주로 아크릴레이트(폴리에스테르/폴리에테르)계 제제들이고 열경화성 부분은 상승된 어닐링 온도에서 기의 탈차단을 허용하는 디올들과 함께 차단된 이소시아네이트들을 포함하여 결국 다음의 반응 예에서와 같이 이소시아네이트와 디올의 반응으로 우레탄을 형성한다:



[0193]

[0194]

탈차단 기의 예들은 각각 170°C, 140°C 및 170°C의 탈차단 온도를 갖는 페놀, 옥심 및 카프로락탐을 포함한다. 차단된 이소시아네이트의 다른 예들은 페놀 또는 디에틸 옥심의 첨가와 함께 이소시아네이트에틸 (메트)아크릴레이트로부터 제조되는, 페놀 또는 디에틸 옥심과 함께 차단된 이소시아나토에틸 (메트)아크릴레이트를 포함한다. 이러한 타입의 수지 프리커서 조성물들은 전자기 복사(예를 들어, UV 광)의 전달에 의해 제공되는 에너지 버짓(energy budget)에 기초한 선택성을 갖는 대부분의 현재의 광경화성 잉크와 달리 고도로 선택적인 네트워크가 형성되게 할 것으로 여겨진다. 그러므로, 이들 수지 프리커서 조성물들을 사용하여 형성된 재료의 기계적 속성들은 진보된 연마 패드 내의 성분들의 원하는 요구를 충족시키도록 원하는 제제 조성물을 제어함으로써 더 잘 제어되거나 맞춤화될 수 있다.

[0195]

일 실시예에서, 프린팅된 폴리머 층들은 형성된 진보된 연마 패드(200)에서 발견되는 선택된 재료 층들의 하나

이상의 패드 속성을 증대시키기 위해 이용되는 무기 및/또는 유기 입자들을 함유할 수 있다. 3D 프린팅 프로세스는 층마다 적어도 하나의 조성물의 층별의 순차적인 퇴적을 수반하므로, 특정 패드 속성을 획득하고/하거나 특정 기능을 수행하기 위해 패드 층 상에 또는 패드 층 내에 배치되는 무기 또는 유기 입자들을 추가적으로 퇴적하는 것이 또한 바람직할 수 있다. 무기 또는 유기 입자들은 크기가 1 나노미터(nm) 내지 100 마이크로미터(μm) 범위일 수 있고, 액적 토출 프린터(306)에 의해 분배되기 전에 프리커서 재료들에 첨가될 수 있거나, 또는 1 내지 약 50 중량 퍼센트(wt%)의 비율로 경화되지 않은 프린팅된 층에 첨가될 수 있다. 극한 인장 강도를 개선하고, 항복 강도를 개선하고, 온도 범위에 걸친 저장 탄성률의 안정성을 개선하고, 열 전달을 개선하고, 표면 제타 전위를 조정하고, 그리고/또는 표면의 표면 에너지를 조정하기 위해, 진보된 연마 패드 형성 프로세스 동안 무기 또는 유기 입자들이 첨가될 수 있다. 입자 타입, 화학적 조성, 또는 크기, 및 첨가된 입자들은 응용에 따라 또는 달성될 원하는 효과에 따라 달라질 수 있다. 일부 실시예에서, 입자들은 금속간 화합물(intermetallics), 세라믹, 금속, 폴리머, 및/또는 금속 산화물, 예컨대 세리아, 알루미늄, 실리카, 지르코니아, 질화물, 탄화물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 일례에서, 패드 상에, 위에 또는 내에 배치되는 무기 또는 유기 입자들은 진보된 연마 패드의 기계적 속성들 및/또는 열 전도율을 개선하기 위해 PEEK, PEK, PPS, 및 다른 유사한 재료들과 같은 고성능 폴리머들의 입자들을 포함할 수 있다. 3D 프린팅된 연마 패드에 통합되는 입자들은 또한 가교결합을 위한 포커스들의 역할을 할 수 있고, 이것은 중량 퍼센트 로딩(percent by weight loading)에 종속하여 더 높은 저장 탄성률 E'를 초래할 수 있다. 다른 예에서, 세리아와 같은 극성 입자들(polar particles)을 함유하는 폴리머 조성물은 패드 표면에서의 극성 재료들 및 액체들, 예컨대 CMP 슬러리들에 대해 추가 친화도(affinity)를 가질 수 있다.

[0196] 진보된 연마 패드 속성들

[0197] 제1 연마 요소(204) 및 제2 연마 요소(206)를 적어도 포함하는 패드 바디(202)를 갖는 진보된 연마 패드(200)를 형성하는 것의 이점은 단일 재료 조성물로 형성된 패드 바디에서는 발견되지 않는 기계적, 구조적 및 동적 속성들을 갖는 구조물을 형성하는 능력이다. 일부 실시예에서, 제1 연마 요소(204)가 위에 배치되고 제2 연마 요소(206)의 일부(예를 들어, 도 2a의 부분(212A))에 의해 지지되는 적어도 하나의 영역을 포함하는 연마 바디(202)를 형성하는 것이 바람직하다. 이러한 구성에서, 바람직한 기계적, 구조적 및 동적 속성들, 및 종래의 연마 패드 설계들에 비해 개선된 연마 성능을 갖는 진보된 연마 패드를 형성하기 위해, 구조적 구성 및 2가지 재료의 속성들의 조합이 이용될 수 있다.

[0198] 제1 연마 요소(들)(204) 및/또는 제2 연마 요소(들)(206)의 재료들, 및 이러한 재료들의 화학 구조들은 앞에서 언급된 화학물질들을 이용하여 "튜닝된" 벌크 재료를 달성하도록 선택될 수 있다. 이러한 "튜닝된" 벌크 재료로 형성된 진보된 연마 패드(200)는 개선된 연마 결과, 감소된 제조 비용, 및 연장된 패드 수명과 같은 다양한 이점들을 갖는다. 일 실시예에서, 전체로서 측정될 때의 진보된 연마 패드(200)는 약 25 쇼어 A 내지 약 75 쇼어 D의 경도, 5 MPa 내지 약 75 MPa의 인장 강도, 약 5% 내지 약 350%의 파단 연신율(elongation at break), 약 10 MPa 초과와 전단 강도, 및 약 5 MPa 내지 약 3000 MPa의 저장 탄성률 E' 탄성률을 가질 수 있다.

[0199] 위에서 논의된 바와 같이, 연마된 기관 상에서 개선된 연마 결과를 달성하기 위해, 상이한 기계적 속성들을 갖는 재료들이 제1 연마 요소(204) 및/또는 제2 연마 요소(206)에서 이용되도록 선택될 수 있다. 형성된 제1 연마 요소(204) 및/또는 제2 연마 요소(206)에서 발견되는 재료(들)의 저장 탄성률 E'와 같은 기계적 속성들은 연마 요소 형성 프로세스 동안 이용되는 상이한 퇴적후 처리 단계들(예를 들어, 경화 프로세스들)을 선택하고/하거나 상이한 재료들, 재료 조성물들을 선택함으로써 생성될 수 있다. 일 실시예에서, 제2 연마 요소(206)는 더 낮은 경도 값 및 더 낮은 값의 저장 탄성률 E'를 가질 수 있는 한편, 제1 연마 요소(204)는 더 높은 경도 값 및 더 높은 값의 저장 탄성률 E'를 가질 수 있다. 다른 실시예에서, 저장 탄성률 E'는 각각의 연마 요소(204, 206) 내에서, 그리고/또는 연마 패드의 연마 표면에 걸친 다양한 상이한 위치들에서 조정될 수 있다. 일 실시예에서, 제1 연마 요소(들)(204)은 약 40 쇼어 D 스케일 내지 약 90 쇼어 D 스케일의 경도를 가질 수 있다. 제2 연마 요소(206)는 약 26 쇼어 A 스케일 내지 약 95 쇼어 A 스케일의 경도 값을 가질 수 있다. 제1 연마 요소(204) 및 제2 연마 요소(206)는, 단일 패드 바디(202) 내의 복수의 경계들에서 함께 섞이고(co-mingled) 화학적으로 결합되는 상이한 화학적 조성물들을 각각 포함할 수 있다.

[0200] 일부 실시예에서, 제1 연마 요소(204) 및 제2 연마 요소(206)를 형성하는 데 사용되는 재료(들)의 경도, 저장 탄성률 E' 및/또는 손실 탄성률 E''는 각각 하나 이상의 연마 프로세스 파라미터 및/또는 연마 패드의 수명을 개선하도록 구성된다. 일부 구성에서, 진보된 연마 패드 내의 제1 연마 요소(204) 및 제2 연마 요소(206)를 형성하는 데 사용되는 재료(들)의 경도, 저장 탄성률 E' 및/또는 손실 탄성률 E''는 개선된 연마 속도 및 연마 균일성(예를 들어, WiW 균일성, WtW 균일성)을 제공하도록 구성된다. 도 1f 및 도 1g, 도 2a 및 도 2c에 일반적으로

로 도시된 바와 같이 제1 연마 요소를 지지하도록 위치되는, 제2 연마 요소들(206)의 경도를 제어함으로써, 형성된 진보된 연마 패드의 연마 균일성 및 연마 속도를 개선하는 데 크게 도움이 될 수 있는 것으로 밝혀졌다. 도 6a 및 도 6b는 도 2a에 예시된 진보된 연마 패드 구조와 유사한 구조를 갖는 진보된 연마 패드 내의 연마 요소의 재료 경도를 변화시키는 것(즉, 샘플 1, 2 및 3)의 효과를 일반적으로 예시한다. 도 6a는 진보된 연마 패드의 유사하게 구성된 제2 연마 요소들의 재료 경도를 변화시키는 것(예를 들어, 샘플 1, 2 및 3)의 효과 대비 연마 속도의 플롯을 예시한다. 예시된 데이터를 수집하는 데 사용되는 진보된 연마 패드 구조는 각각의 샘플에서 유사하게 구성된 제1 연마 요소(204)(예를 들어, 재료 및 구조적 형상)를 포함시킨 한편, 제2 연마 요소들(206)의 재료 속성들(예를 들어, 경도)은 제2 연마 요소들(206) 내의 연결 재료 체계의 액적들에 대한 경질 재료 체계의 액적들의 재료 조성 비를 조정함으로써 달라졌다는 점에 유의한다. 이러한 예들에서, 각 샘플에서 사용된 제1 연마 요소들(204)은 제2 연마 요소들(206)의 경도보다 큰 경도를 갖고, 약 80의 쇼어 D 경도 및 약 1700 내지 2000 MPa의 저장 탄성률을 갖도록 형성되었다. 도 6a에 예시된 바와 같이, 80 쇼어 A 경도 및 70 쇼어 A 경도 및 13 MPa 저장 탄성률 및 5 MPa 저장 탄성률을 각각 가진 샘플 2 및 샘플 3은 90 쇼어 A 경도 및 43 MPa 저장 탄성률을 가진 샘플 1과 비교하여 비교적 높은 평균 재료 제거율들을 가졌다는 점에 유의한다. 그러나, 도 6b에 예시된 바와 같이, 샘플 3은 샘플 1 및 샘플 2에 비해 가장 높은 연마 속도 균일성을 가졌다. 샘플(1) 및 샘플 2 대 샘플 3과 같은, 높은 연마 속도 불균일성들을 나타내는 진보된 연마 패드들은 기관에 대한 최종 연마 결과들이 불균일해지게 할 것이다. 그러므로, 일부 실시예에서, 90 쇼어 A 경도 미만인 경도를 달성하기 위해 제2 연마 요소들(206) 내의 하나 이상의 층에서의 재료 조성 비를 조정하는 것이 바람직하다. 일부 구성에서, 제2 연마 요소들(206) 내의 하나 이상의 층에서의 재료 조성 비는 80 쇼어 A 경도 미만, 예컨대 70 쇼어 A 경도 미만, 또는 60 쇼어 A 경도 미만, 또는 50 쇼어 A 경도 미만, 또는 심지어는 40 쇼어 A 경도 미만인 경도를 달성하도록 조정된다. 일부 구성에서, 제2 연마 요소들(206) 내의 하나 이상의 층에서의 재료 조성 비는 10 쇼어 A 경도 내지 80 쇼어 A 경도, 예컨대 10 쇼어 A 경도 내지 70 쇼어 A 경도, 심지어는 20 쇼어 A 경도 내지 60 쇼어 A 경도인 경도를 달성하도록 조정된다. 일부 대체 실시예들에서, 제2 연마 요소들(206)을 형성하는 재료의 경도를 조정하기 위해 제2 연마 요소들(206)을 형성하는 데 이용되는 제제를 중 적어도 하나의 수지 프리커서 조성물을 변화시키는 것이 바람직할 수 있다.

[0201] 본 개시내용의 목적을 위해, 그리고 본 명세서에 제공된 본 개시내용의 범위를 제한하도록 의도하지 않고서, 진보된 연마 패드(200) 내의 제1 연마 요소들(204) 및 제2 연마 요소들(206)을 위한 30°C(E'30) 및 90°C(E'90)의 온도들에서의 바람직한 낮은, 중간, 및/또는 높은 저장 탄성률 E' 속성들을 갖는 재료들이 표 2에 요약되어 있다:

[0202] <표 2>

	낮은 저장 탄성률 조성물들	중간 저장 탄성률 조성물들	높은 저장 탄성률 조성물들
E'30	5 MPa - 100 MPa	100 MPa - 500 MPa	500 MPa - 3000 MPa
E'90	<17 MPa	<83 MPa	<500 MPa

[0203]

[0204] 진보된 연마 패드(200)의 일 실시예에서, 연마 프로세스 동안, 기관(110)의 표면이 제1 연마 요소들(204)의 연마 표면(208)을 이용하여 연마되도록, 복수의 제1 연마 요소들(204)는 하나 이상의 제2 연마 요소(206) 위로 돌출되도록 구성된다. 일 실시예에서, 벌크 재료 연마 단계 동안 바람직한 평면성, 연마 효율 및 감소된 디싱을 보장하기 위해, 표 2에 정의된 것과 같은 높은 저장 탄성률 E'를 갖는 재료를 이용하여, 연마 프로세스 동안 기관의 표면에 접촉하는 제1 연마 요소들(204)을 형성하는 것이 바람직하다. 그러나, 일 실시예에서, 버핑 또는 잔류 재료 제거 단계 동안 바람직한 평면성, 연마 효율 및 감소된 디싱을 보장하기 위해, 낮은 또는 중간 저장 탄성률 E'를 갖는 재료를 이용하여, 연마 프로세스 동안 기관의 표면에 접촉하는 제1 연마 요소들(204)을 형성하는 것이 바람직할 수 있다.

[0205] 일부 실시예에서, 제1 연마 요소들(204)의 저장 탄성률은 패드 글레이징의 영향을 최소화하도록 조정되는데, 이러한 패드 글레이징은 이용된 연마 패드의 글레이징된 표면을 연마하는 프로세스(즉, 패드 컨디셔닝)의 부재 시에 연마 프로세스 제거율들이 시간의 경과에 따라 감소되게 한다. 패드 글레이징은 기관의 표면에 접촉하는 재료들의 소성 변형(plastic deformation)에 의해 야기되며, 이는 패드 표면 상의 전단력들이 접촉 재료의 "콜드

플로우(cold flow)" 또는 소성 변형을 야기할 때 전단 탄성률(shear modulus)(G')에 반비례한다고 여겨진다. 등방성 고체의 경우, 전단 탄성률은 다음 수학적식에 의해 저장 탄성률과 일반적으로 관련된다: $G' = E'/2(1+\nu)$, 여기서 ν 는 푸아송 비이다. 따라서, 낮은 전단 탄성률, 및 그에 따른 낮은 저장 탄성률을 갖는 제1 연마 요소들(204)을 형성하기 위해 이용되는 재료들은 더 빠른 속도의 소성 변형, 및 그에 따른 글레이징된 영역들의 형성을 가질 것이다. 그러므로, 위에서 정의된 바와 같이, 높은 저장 탄성률 E' 및/또는 경도를 갖는 재료로 제1 연마 요소들(204)을 형성하는 것이 또한 바람직할 수 있다.

[0206] 연마 패드의 글레이징된 표면이 패드 컨디셔닝 프로세스의 이용에 의해 회복될 수 있는 것을 보장하기 위해, 제1 연마 요소들(204)을 형성하기 위해 이용되는 재료(들)가 바람직한 인장 강도 및 퍼센트 파괴 연신율(percent elongation at fracture)을 갖는 것이 또한 바람직하다. 일부 실시예에서, 제1 연마 요소들(204)을 형성하기 위해 이용되는 재료의 극한 인장 강도(UTS)는 약 250psi 내지 9,000psi이다. 제1 연마 요소들(204)을 형성하기 위해 이용되는 재료의 UTS가 더 높을수록, 패드 컨디셔닝 프로세스를 수행하기 전에, 수행하는 동안, 또는 수행한 후에, 연마 패드 재료는 더 큰 내구성을 가질 것이고 미립자를 형성하는 경향은 더 적을 것으로 여겨진다. 일례에서, 제1 연마 요소들(204)을 형성하기 위해 이용되는 재료의 UTS는 약 5,000psi 내지 약 9,000psi이다. 일부 실시예에서, 제1 연마 요소들(204)을 형성하기 위해 이용되는 재료의 파괴 연신율은 약 5% 내지 200%이다. 제1 연마 요소들(204)을 형성하기 위해 이용되는 재료의 파괴 연신율이 더 낮을수록, 재료는 덜 변형가능하게 될 것이고, 따라서 연마재 캡처(abrasive capture) 및 슬러리 이송을 허용하는 표면 마이크로텍처 또는 돌기들(asperities)을 유지하기가 더 쉬워질 것으로 여겨진다. 일 실시예에서, 기관의 연마된 표면에 터치하도록 구성되는 제1 연마 요소들(204)을 형성하기 위해 이용되는 재료의 파괴 연신율은 약 5% 내지 약 40%로 조정된다.

[0207] 연마 동안 패드의 탄성 반발을 감소시키기 위해 바람직한 댐핑 속성들을 갖는 연마 패드를 또한 제공할 필요가 있는데, 탄성 반발은 처리 동안 패드의 반복 변형에 관련된 디싱 및 다른 부정적인 속성들을 초래할 수 있다. 그러므로, 연마 동안 높은 저장 탄성률 E' 재료가 기관의 표면에 접촉할 필요성을 보상하기 위해, 제1 연마 요소(204)를 지지하도록 위치되는 제2 연마 요소(206)는 더 낮은 저장 탄성률 E' 를 갖는 재료로 형성된다.

[0208] 일례에서, 진보된 연마 패드(200)는 도 7a에 예시된 $\tan \delta$ 속성들을 포함할 수 있다. 도 7a는 제1 연마 패드 재료(예를 들어, 곡선(791)), 제2 연마 패드 재료(예를 들어, 곡선(792)), 및 제1 연마 패드 재료(예를 들어, 연질 재료) 또는 제2 연마 패드 재료(예를 들어, 경질 재료) 중 어느 하나를 포함하는 영역들을 포함하는 진보된 연마 패드 구성(예를 들어, 곡선(793))에 대한 $\tan \delta$ 데이터(1Hz, 상승률 5°C/min)를 포함한다. 예시된 바와 같이, $\tan \delta$ 데이터는 곡선들(791 및 792)에 의해 도시된 바와 같이, 제1 및 제2 재료들에 대해 분리된 별개의 $\tan \delta$ 피크들을 포함한다. 대조적으로, 진보된 연마 패드 재료(곡선(793))를 위한 $\tan \delta$ 피크들은 넓어지고 합쳐지며(coalesced), 이것은 제2 연마 요소(206)에서 발견되는 것과 같은 제1 연마 패드 재료와, 제1 연마 요소(204)에서 발견되는 것과 같은 제2 연마 패드 재료 사이의 분자 스케일 혼합, 사슬 얽힘, 화학적 결합 및/또는 조성 경사를 나타낸다. 30°C의 온도와 90°C의 온도 사이에서 약 0.1 내지 약 3의 $\tan \delta$ 최대값이 디싱의 양, 평탄화 효율, 및 다른 관련된 연마 불균일성을 최소화하기에 유용한 것으로 밝혀졌다.

[0209] 프로세스 반복가능성을 추가로 제어하려는 노력에서, 진보된 연마 패드에서 제어될 수 있는 다른 파라미터는 패드 재료의 "회복률(recovery)"이다. 도 7c는 제1 연마 요소(204) 또는 제2 연마 요소(206)의 일부를 형성할 수 있는 재료에 대한 다수의 시뮬레이션된 연마 사이클에 걸쳐 취해진 온도의 함수로서의 저장 탄성률 E' 의 플롯을 예시한다. 플롯(780)은, 각각의 연마 사이클 동안, 연마 패드가 약 30°C의 시작 온도로부터 약 90°C의 최종 정상 상태 연마 온도(예를 들어, 저장 탄성률 값 788)까지 가열될 때, 그리고 패드가 약 90°C로부터 약 30°C의 최종 온도까지 냉각될 때, 초기의 시작 저장 탄성률 값(776)으로부터의 저장 탄성률 E' 에서의 강하를 측정하는 복수의 곡선을 포함한다. 예시의 목적 및 설명의 명료성을 위해, 도 7c의 플롯은 곡선들(782 및 783)을 포함하는 제1 연마 사이클, 곡선들(784 및 785)을 포함하는 제2 연마 사이클 및 곡선들(786 및 787)을 포함하는 제3 연마 사이클을 포함하는 3개의 연마 사이클에 대한 데이터를 예시한다. 도 7c에 도시된 바와 같이, 각각의 사이클의 끝(777-779)에서는, 연마 패드 재료에서 발견되는 응력의 완화, 및/또는 연마 프로세스 동안 더 높은 부하가 인가될 때 더 높은 연마 온도들에서 발생할 가능성이 있는 폴리머 재료들의 결합 구조의 적어도 부분적인 재구성으로 인해, 측정된 저장 탄성률에서의 강하가 존재한다. 재료가 다수의 연속적인 사이클 후에 얼마나 회복하는지는 재료의 "회복" 능력으로 알려져 있다. 전형적으로, 회복률은, 연마 사이클 내의 동일 지점에서 측정되는, 시작 지점(776)으로부터 안정적인 평형 지점(779)까지의 재료의 속성(예를 들어, 저장 탄성률)의 크기에서의 강하의 백분율로서 측정된다. 회복률은, 시작 값(790)에 대한 종료 값(789)의 비율 x 100을 측정함으로써 계산될 수 있다. 연마 프로세스 안정성을 보장하기 위해, 일반적으로, 연마 패드 내의 재료들의 회복률은 가능한 한

큰 것이 바람직하고, 따라서 회복률은 CMP 프로세스를 시뮬레이트하도록 구성되는 동적 기계적 분석(DMA) 테스트를 이용하여 적어도 50% 초과, 또는 심지어는 약 70% 이상일 필요가 있다고 여겨진다. 일례에서, DMA 테스트는 약 5-10분 길이, 예컨대 약 8분 길이이고, 최대 온도 상승률은 약 5°C/min이며, 이것은 표준 CMP 프로세스를 시뮬레이트하는 것으로 의도된다. 기관, 슬러리, 리테이닝 링, 및 연마 패드 사이의 마찰로 인해 연마기에서 일어나는 패드 가열을 에뮬레이트하기 위해 DMA 테스트가 이용된다. 열은 연마 실행을 통해 축적되는 경향이 있고, 그 후, 패드로부터 멀어지는 방향으로의 열의 통상의 유체 대류 또는 전도로 인해, 기관 처리 단계들 사이에서 급속하게 쿨링된다. 일부 실시예에서, 연마 패드가 바람직한 회복률을 갖는 것을 보장하기 위해, 그리고 그에 따라 연마 프로세스가 안정적인 것을 보장하기 위해, 프리커서 제제의 조성 및/또는 경화 프로세스 파라미터들을 조정하여, 형성된 층 내의 응력 및/또는 가교결합의 정도를 제어하는 것이 바람직하다. 일부 실시예에서, 연마 프로세스에서 사용하기 전에 표면 및/또는 벌크 재료 속성을 개선하기 위해 진보된 연마 패드의 표면을 열처리, 플라즈마 처리, 화학적 처리 및/또는 전자 복사에 노출시키는 것이 또한 바람직할 수 있다. 예를 들어, 각각의 부분적으로 경화된 층을 형성하거나, 다수의 부분적으로 경화된 층들을 형성한 후에, 또는 심지어는 완전한 진보된 연마 패드를 형성한 후에 진보된 연마 패드의 적어도 일부를 열처리하는 것과 같이, 진보된 연마 패드의 부분들을 열처리하는 것이 바람직할 수 있다.

[0210] 도 6e 내지 도 6f를 참조하면, 제2 연마 요소들(206)에 대한 제1 연마 요소들(204)의 구조적 구성이 또한 연마 프로세스 반복가능성을 제어하고 연마 프로세스의 연마 속도를 개선하는 데 사용될 수 있는 것으로 밝혀졌다. 그러한 구조적 구성 중 하나는 형성된 진보된 연마 패드 내의 제1 연마 요소들(204)와 제2 연마 요소들(206)의 상대적인 물리적 레이아웃에 관련되며, 본 명세서에서는 형성된 진보된 연마 패드 내의 제1 연마 요소들(204)의 총 노출 표면 면적 대 체적 비율(SAVR)로서 알려져 있다. 제1 연마 요소들(204) 및/또는 제2 연마 요소들(206)을 형성하는 데 이용되는 재료들의 기계적 속성들(예를 들어, 열 전도성, 경도, 손실 탄성률, 연마 접촉 면적 등) 및 제2 연마 요소들(206)에 대한 제1 연마 요소들(204)의 상대적인 물리적 레이아웃을 제어하여 총 노출 표면 면적 대 체적 비율을 조정함으로써, 연마 프로세스 반복가능성 및 기관 연마 속도가, 다른 연마 파라미터와 함께, 크게 개선될 수 있는 것으로 여겨진다. 일례에서, 제1 연마 요소들(204) 내의 재료(들)의 기계적 속성들은 약 6.0E-6 미만, 예컨대 약 1.0E-7 내지 6.0E-6 m²/s의 열확산율(m²/s)을 포함한다.

[0211] 도 6e는 제1 연마 요소들(204_{A1} 및 204_{A2}) 각각의 일부가 제2 연마 요소(206)의 일부 내에 매립되도록 제2 연마 요소(206)에 의해 지지되는 2개의 제1 연마 요소(204_{A1} 및 204_{A2})를 예시한다. 제2 연마 요소(206)는 연마 툴(도시되지 않음)의 컴포넌트들에 의해 지지되는 베이스 표면(2061)을 갖는다. 제1 연마 요소의 매립된 영역은 일반적으로 본 명세서에서 노출되지 않은 부분(2041)으로 기술되고 제2 연마 요소(206) 내에 매립되지 않은 제1 연마 요소의 부분은 본 명세서에서 노출된 부분(2040)이라고 지칭된다. 제1 연마 요소들(204_{A1} 및 204_{A2}) 각각은 제2 연마 요소(206)의 표면(2060)으로부터 각각의 제1 연마 요소(204)의 최상부면(2011)까지 연장되는 피쳐 높이(2021)를 갖는다. 제1 연마 요소들의 어레이 내에 형성되는 제1 연마 요소들(204_{A1} 및 204_{A2})는 진보된 연마 패드의 구성에 따라 X-Y 평면 내에서 일정하거나 달라질 수 있는 스페이싱(2020)을 갖는다. 일부 실시예에서, 도 2a 및 도 2f-도 2k에 예시된 바와 같이, 어레이 내의 스페이싱(2020)은 반경 방향(예를 들어, X-Y 평면) 및 아크 방향(예를 들어, X-Y 평면)으로 배향될 수 있고, 위에서 논의된 바와 같이, 이러한 방향들 중 하나 이상에서 일정하거나 달라질 수 있다.

[0212] 구조적으로, 제1 연마 요소들(204_{A1}, 204_{A2})은 각각 제2 연마 요소(206)의 표면(2060) 위에 있는 측면들(2010)의 부분 및 연마 동안 그 위에 기관이 배치되는 최상부면(2011)을 포함하는 노출 표면을 갖는다. 일례에서, 도 2a에 예시된 제1 연마 요소들과 유사하게 구성되는 제1 연마 요소들은 제1 연마 요소들 각각의 반경 위치에 따라 달라지는(예를 들어, 상이한 직경들의 동심 링들) 총 표면 면적을 갖는다. 다른 예에서, 도 2c에 예시된 제1 연마 요소와 유사하게 구성되는 제1 연마 요소들의 경우, 각각의 제1 연마 요소의 총 노출 표면 면적은 하나의 제1 연마 요소와 다음 제1 연마 요소 간에 달라지지 않을 수 있다. 일반적으로, 각각의 제1 연마 요소(204)의 총 노출 표면 면적(TESA)은 최상부면(2011)의 면적인 기관 접촉 면적(SCA), 및 측면들(2010) 각각의 노출된 부분들의 면적들의 합인, 제1 연마 요소의 총 노출된 측벽 면적을 포함한다. 일반적으로 기관이 연마될 때 기관이 접촉하는 면적인 총 표면 접촉 면적은 진보된 연마 패드 내의 모든 제1 연마 요소들(204)의 최상부면들(2011)의 모든 면적들의 합이라는 점에 유의한다. 그러나, 퍼센트 접촉 면적은 제1 연마 요소들(204)의 총 접촉 면적을 연마 패드의 총 패드 표면 면적(예를 들어, $\pi D^2/4$, 여기서 D는 패드의 외측 직경)으로 나눈 값이다. 제1 연마 요소의 체적(V)은 일반적으로 제1 연마 요소(204)의 전체 내부 체적, 예컨대 도 2c에 예시된 제1 연마

요소들(204)에 대한 원통의 체적이다. 그러나, 유사한 단면 형상을 갖는, 예컨대 동일한 반경 방향 폭(예를 들어, 도 2a의 폭(214)) 또는 피쳐 크기(예를 들어, 도 2c의 길이(208L)), 제2 연마 요소(206) 내의 매립된 깊이 및 연마 요소 높이를 갖는, 제1 연마 요소들(204)에 대한 총 노출 표면 면적 대 체적 비율(SAVR)(예를 들어, $SAVR = TESA/V$)은 일반적으로 진보된 연마 패드를 형성하는 데 이용되는 어레이 내의 제1 연마 요소들(204) 각각에 대해 동일한 총 노출 표면 면적 대 체적 비율을 가질 것이다.

[0213] 도 6f는 각각이 별개의 제2 연마 요소(206)에 의해 지지되고, 상이한 피쳐 높이들(2021_{B1}, 2021_{B2})을 갖는 2개의 제1 연마 요소들(204_{B1} 및 204_{B2})을 예시한다. 연마 프로세스 동안, 제1 연마 요소들(204_{B1} 및 204_{B2}) 각각의 최상부면과 각각의 기관들 사이에 생성된 마찰은 제1 연마 요소들(204_{B1} 및 204_{B2}) 각각의 최상부면으로부터 전도되는 열 플럭스(heat flux)(2071) 또는 열 플럭스들(2072)를 생성한다. 일반적으로 열 플럭스들(2071, 2072)은 기관을 연마하는 데 사용되는 연마 파라미터들 및 최상부면(2011)의 표면 속성들이 이러한 구성들 각각에 대해 동일하게 유지된다면 유사할 것이다. 그러나, 제1 연마 요소들(204_{B1} 및 204_{B2})의 노출 표면 면적 및 체적은 통상의 연마 동안 상이하게 구성된 제1 연마 요소들(204_{B1} 및 204_{B2})에서 달성되는 온도의 차이에 부분적으로 기인하여, 연마 프로세스 결과들에 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다. 프로세스 온도의 증가는 일반적으로 상이하게 구성된 제1 연마 요소들(204_{B1} 및 204_{B2}) 각각을 형성하는 데 사용되는 재료(들)를 함유하는 폴리머의 기계적 속성들의 저하를 야기할 것이다. 또한, 더 높은 연마 온도는 일반적으로 연마 프로세스의 연마 속도를 증가시키고, 하나의 기관과 다음 기관 간의 연마 프로세스 조건들의 변동들은 대부분의 연마 프로세스들에 대해 일반적으로 바람직하지 않다는 점에 유의한다.

[0214] 도 6f를 참조하면, 제1 연마 요소들(204_{B1} 및 204_{B2})의 노출 표면들에 대한 연마 슬러리의 이동에 의해 생성된 대류 열 전달은 연마 프로세스 동안 생성된 열의 적어도 일부를 제거할 것이다. 전형적인으로, 연마 슬러리는 연마 동안 제1 연마 요소들(204_{B1}, 204_{B2})의 최상부면(예를 들어, 접촉 표면)의 통상의 온도보다 낮은 온도에 있다. 그러므로, 1) 상이하게 구성된 제1 연마 요소들이 슬러리와 열을 교환하는 능력에 영향을 미치는 노출 표면 면적의 차이의 차이, 2) 피쳐 높이들의 차이로 인한 제2 연마 재료(206)의 절연 효과의 차이, 및 3) 제1 연마 요소들의 질량(예를 들어, 체적)의 차이에 적어도 기인하여, 연마 프로세스 결과들은 제1 연마 요소(204_{B1})와 제1 연마 요소(204_{B2})에 대해 상이할 것이다. 도 6c는 표준 연마 프로세스 동안 제1 연마 요소에 대한 제거율에 대한 피쳐 높이(2021)의 영향을 예시한다. 도 6f에 예시된 바와 같이, 재료 제거율은 피쳐 높이가 감소됨에 따라 증가할 것이다. 도 6d는 총 노출 표면 면적 대 체적 비율에 대한 피쳐 높이(2021)의 영향을 예시한다. 형성된 제1 연마 요소들의 총 노출 표면 면적 대 체적 비율의 차이에 의해 생성된 구조적 및 열적 영향들은 도 6c에 예시된 상이하게 구성된 제1 연마 요소들(예를 들어, 상이한 피쳐 높이(2021)) 각각에 대해 연마 프로세스 결과들의 차이를 야기하는 것으로 여겨진다.

[0215] 연마 패드들을 함유하는 폴리머를 "패드 컨디셔닝(pad condition)"할 필요성 때문에, 제1 연마 요소들의 최상부면(2011)을 마모시키는 동작은 연마 패드의 수명 동안 피쳐 높이(2021)를 감소시킬 것이라는 점에 유의한다. 그러나, 피쳐 높이(2021)의 변동은 진보된 패드가패드 컨디셔닝 프로세스에 의해 마모됨에 따라 연마 패드의 총 노출 표면 면적 대 체적 비율, 및 따라서 연마 프로세스 결과들이 달라지게 할 것이다. 그러므로, 총 노출 표면 면적 대 체적 비율이 연마 패드의 수명 동안 안정하게 유지되도록, 진보된 연마 패드 내의 제1 연마 요소들(204)을 구성하는 것이 바람직한 것으로 밝혀졌다. 일부 실시예에서, 제2 연마 요소(206) 내에 부분적으로 매립되는 제1 연마 요소들(204)의 총 노출 표면 면적 대 체적 비율은 20/밀리미터(mm⁻¹) 미만의 총 노출 표면 면적 대 체적 비율을 갖도록 설계된다. 다른 예에서, 15mm⁻¹ 미만, 예컨대 10mm⁻¹ 미만, 또는 심지어는 8mm⁻¹ 미만의 총 노출 표면 면적 대 체적 비율.

[0216] 일부 실시예에서, 진보된 연마 패드 내의 제1 연마 요소들(204)은 총 노출 표면 면적 대 체적 비율이 안정적인 영역 내에 있도록, 예를 들어, SAVR은 20mm⁻¹ 미만이라도 설계되고, 최상부면(2011)에서의 슬러리 보유가 바람직하게 유지되도록 제1 연마 요소(204)의 다공성이 추가 및/또는 제어된다. 제1 연마 요소(204)의 표면에 다공성 피쳐들을 추가하는 것은 또한 총 노출 표면 면적 대 체적 비율을 조정함으로써 유사하게 발견되는 바와 같이, 웨이퍼와 웨이퍼 간에 형성된 제1 연마 요소들(204)의 온도 변동을 안정화시키는 데 사용될 수 있는 것으로 밝혀졌다. 일례에서, 형성된 제1 연마 요소의 다공성은 재료의 열확산율(m²/s)이 약 1.0E-7 내지 6.0E-6m²/s가 되도록 형성된다. 제1 연마 요소(204) 내의 공극들은 약 50nm 이상, 예컨대 약 1μm 내지 약 150μm의 평균 공

극 크기를 갖고, 약 1% 내지 약 50%의 공극 체적 분율을 가질 수 있다.

[0217] 연마 프로세스 반복가능성을 제어하고 연마 프로세스의 연마 속도를 개선하는 데 사용될 수 있는 다른 진보된 연마 패드 구조적 구성은 형성된 진보된 연마 패드 내의 제1 연마 요소들(204)의 기관 접촉 면적(SCA)을 포함한다. 일반적으로, 기관 접촉 면적은 기관이 연마될 때 기관이 접촉하는 면적이고, 진보된 연마 패드 내의 모든 제1 연마 요소들(204)의 최상부면들(2011)의 모든 면적의 합이다. 그러나, 퍼센트 접촉 면적은 제1 연마 요소들(204)의 총 접촉 면적을 연마 패드의 총 패드 표면 면적(예를 들어, $\pi D^2/4$, 여기서 D는 패드의 외측 직경)으로 나눈 값이다. 도 6g는 진보된 연마 패드에 형성된 제1 연마 요소들(샘플 4 및 샘플 5)의 퍼센트 접촉 면적 대비 연마된 재료 제거율의 플롯을 예시한다. 도 6h는 진보된 연마 패드에 형성된 제1 연마 요소들(샘플 4 및 샘플 5)의 퍼센트 접촉 면적 대비 평균 연마 프로세스 온도의 플롯을 예시한다. 도 6g에 예시된 바와 같이, 진보된 연마 패드의 접촉 면적 백분율을 50%에서 40%로 변화시킴으로써 중간(median) 재료 제거율을 약 3000 옴스트롬/분에서 약 3300 옴스트롬/분으로 변화시킬 수 있다(또는 재료 제거율을 10% 증가시킬 수 있다). 도 6h에 예시된 바와 같이, 진보된 연마 패드의 접촉 면적 백분율을 50%에서 40%로 변화시킴으로써 중간 처리 온도를 약 53°C에서 약 56°C로 변화시킬 수 있다(또는 프로세스 온도를 6% 증가시킬 수 있다). 그러므로, 일부 구성에서, 제1 연마 요소들(204)의 퍼센트 접촉 면적은 40% 미만, 예컨대 35% 미만, 또는 30% 미만, 또는 25% 미만, 또는 심지어는 20% 미만인 퍼센트 접촉 면적을 달성하도록 조정된다. 일부 구성에서, 제1 연마 요소(204)의 퍼센트 접촉 면적은 1% 내지 40%, 예컨대 10% 내지 40%, 또는 10% 내지 30%, 또는 10% 내지 20%가 되도록 조정된다.

[0218] 또한, 기관 상에서 최적의 연마 균일성 및 연마 성능을 유지하기 위해, 패드 재료들의 E'30:E'90 비율이 필요에 따라 제어되고 조정되어야만 한다고 여겨진다. 그 목적을 달성하기 위해, 일 실시예에서, 전체적인 진보된 연마 패드(200) 및/또는 형성되는 패드 재료들 중 하나 이상(예를 들어, 제1 연마 요소(204)를 형성하기 위해 사용되는 재료)의 E'30:E'90 비율은 6 이상, 예컨대 약 6 내지 약 15일 수 있다. 연마 패드는 E'30/E'90에서의 저장 탄성률 E' 비율이 약 6 내지 약 30의 범위 내에 있도록 약 25°C 내지 약 90°C의 온도 범위에 걸쳐 안정적인 저장 탄성률 E'를 가질 수 있고, 여기서 E'30은 30°C에서의 저장 탄성률 E'이고, E'90은 90°C에서의 저장 탄성률 E'이다. 6 이상의 E'30:E'90 비율을 갖는 연마 패드들은 통상의 처리 동안 보이는 정상 상태 처리 온도들 아래의 온도들에서 높은 저장 탄성률 E' 재료들을 이용할 때 종종 생성되는 스크래치 타입 결함들을 감소시키는 데에 유용하다. 다시 말하면, 처리 동안 기관과 접촉하는 재료들에서 온도가 상승함에 따라, 재료들은 더 낮은 E'30:E'90 비율을 갖는 재료들보다 더 큰 범위로 연화(soften)하는 경향이 있을 것이고, 이것은 따라서 기관의 표면을 스크래치할 가능성을 감소시키는 경향이 있을 것이다. 연마 프로세스를 통한 재료 연화는 프로세스의 기관-대-기관 안정성에 불리한 방식으로 영향을 미칠 수 있다. 그러나, 연마 프로세스의 초기 부분(예를 들어, 10-40초)이 연마 표면 재료들에서 높은 저장 탄성률을 필요로 하고, 그 후 연마 표면 재료들이 연성(compliant)으로 되는 레벨들까지 온도가 계속해서 증가함에 따라, 연마 표면 재료들이 버핑 또는 스크래치 감소 모드에서 연마 프로세스를 마감하는 경우에서는, 높은 E'30:E'90 비율 재료들이 유용할 수 있다.

[0219] 일부 실시예들에서는, 연마 프로세스의 하나 이상의 양태의 제어를 허용하기 위해, 진보된 연마 패드의 다양한 섹션들의 열 전도율을 제어하는 것이 바람직하다. 일 실시예에서, 연마 표면에 수직인 방향, 예컨대 도 1a 내지 도 2k의 Z 방향에서 전체적인 진보된 연마 패드의 열 전도율을 증가시키는 것이 바람직하다. 이러한 예에서, 전통적인 연마 패드 체제들에 비해 Z 방향에서의 증가된 열 전도율은, 처리 동안 연마 패드 표면에서 발생하는 열을 큰 열 질량(thermal mass), 및/또는 진보된 연마 패드가 위에 위치되는, 종종 냉각되는 연마 플레이트에 더 쉽게 전도하는 능력으로 인해, 연마 패드 표면 온도가 더 낮은 온도로 유지되는 것을 허용한다. 감소된 연마 프로세스 온도는 기관들의 배치 내의 최종 기관(예를 들어, 25번째 기관)에 비해 이 배치 내의 제1 기관을 연마할 때 종종 보이는 연마 프로세스 가변성을 감소시킬 것이고, 기관들의 배치에 걸쳐 폴리머 재료들에서 종종 발견되는 재료 속성들(예를 들어, 저장 탄성률 E', E' 비율 등)의 열화를 감소시킬 것이다. 대안적으로, 일부 실시예에서, 연마 표면에 수직인 방향, 예컨대 도 1a의 Z 방향에서 전체적인 진보된 연마 패드의 열 전도율을 감소시키는 것이 바람직하다. 이 경우, 전통적인 연마 패드 체제들에 비해 Z 방향에서의 감소된 열 전도율은, 연마 패드 표면 온도가 연마 동안 평형 처리 온도로 급속하게 상승하는 것을 허용하는데, 이것은 처리 동안 연마 패드 표면에서 발생하는 열을, 진보된 연마 패드가 위에 위치되는 연마 플레이트에 전도하는 연마 패드의 능력이 감소되기 때문이다. 기관들의 배치 내의 최종 기관(예를 들어, 25번째 기관)에 비해 이 배치 내의 제1 기관을 연마할 때 종종 보이는 연마 프로세스 가변성을 감소시키기 위해, 종종 더 높지만 더 안정적인 연마 프로세스 온도들이 또한 이용될 수 있다.

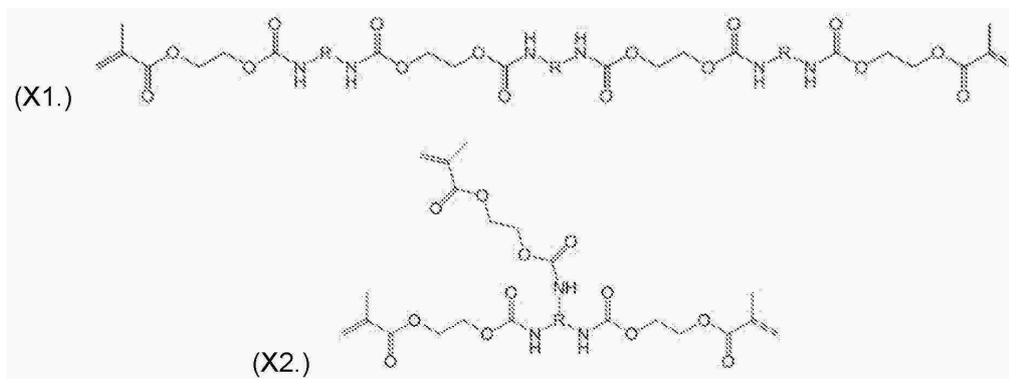
[0220] 그러므로, 일부 실시예에서, 본 명세서에 설명된 적층 제조 프로세스 중 하나 이상의 이용에 의해 연마 패드 내에서 임의의 방향(예를 들어, X, Y 또는 Z 방향)으로의 진보된 연마 패드(200)의 열 전도율을 조정하기 위해 형

성 프로세스 동안 제1 연마 요소들(204) 및/또는 제2 연마 요소(들)(206)에 하나 이상의 충전제, 입자 또는 다른 재료를 첨가하는 것이 바람직하다. 폴리머들의 열 전도율은 흑연, 카본 블랙, 탄소 섬유, 및 질화물을 비롯한 열전도성 충전제들의 첨가에 의해 전통적으로 증대되었고, 따라서 연마 패드 제제 및 조성물은 연마 패드의 열 전도율을 증가시키기 위해 열 전도성 입자들 및 화합물들 예컨대 금속 질화물 재료, 예컨대 붕소 질화물(BN) 또는 알루미늄 질화물(AlN)을 함유할 수 있다. 예를 들어, 열 전도성 충전제를 갖지 않는 종래의 연마 패드는 25°C에서 약 0.1 W/m·K 내지 약 0.5 W/m·K의 열 전도율을 가질 수 있다. 일 실시예에서, 약 250 W/m·K의 열 전도율을 갖는 붕소 질화물은 제제를 기준으로 하여 약 10 wt%로 연마 패드에 첨가된다. 붕소 질화물을 함유하는 층들은, 연마되고 있는 기관에 접촉하며 연마 동안 발생하는 마찰 연마 힘들로 인한 대부분의 가열을 겪을 수 있는 패드 표면에 그리고/또는 이러한 패드 표면 근처에 퇴적될 수 있다. 일 실시예에서, 추가적인 붕소 질화물 입자들은 연마 패드의 열 전도율을 약 10% 내지 약 25% 증가시켰고, 따라서 연마 패드의 수명을 약 2배 만큼 증가시켰다. 다른 실시예에서, 제1 연마 요소(204)와 같이 연마 표면에 있는 또는 연마 표면 근처에 있는 폴리머 층들은 기관 금속들 및/또는 금속 산화물들의 제거에 도움이 되는 입자들을 포함할 수 있다.

[0221] 일 실시예에서, 표면 층들 내의 실리카 입자들의 중량 퍼센트는 제제의 중량으로 약 0.1% 내지 약 30%, 예컨대 중량으로 10%일 수 있고, 그에 의해 그러한 코팅의 쇼어 경도 및 탄성률을 약 10% 내지 약 50% 증가시킬 수 있다. 일 실시예에서, 입자 표면은, 3D 연마 패드 잉크 내에서 입자들이 잘 혼합되고/되거나 현탁될 수 있고 그에 의해 상 분리 없이 더 쉽게 분배될 수 있도록 화학적으로 개질될 수 있다. 화학적 개질은 계면활성제 유사 분자들(surfactant like molecules)을 실란 커플링제(silane coupling agent)와 같은 "커플링제"에 의해 입자의 극성 표면에 화학적 결합하는 것을 포함한다. 유용할 수 있는 다른 커플링제들은 티타네이트들(titanates) 및 지르코네이트들(zirconates)을 포함한다. 입자에 대한 커플링제의 화학적 결합, 커플링 또는 부착은 가수분해(hydrolysis) 및 축합(condensation)과 같은 화학 반응들에 의해 발생할 수 있다. 본 명세서에 설명된 커플링제 및 관련 화학적 화합물들은, 미국 펜실베이니아주 Morrisville의 Gelest Incorporated, 및 미국 미주리주 St. Louis의 Sigma-Aldrich Chemical Company를 포함하는 다수의 소스로부터 입수가 가능하다.

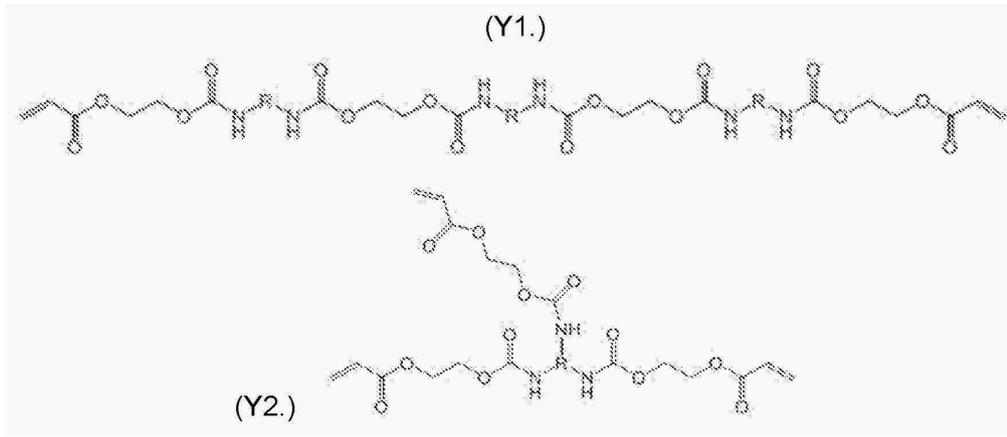
[0222] 탄성률, 인장 강도, 연신율, 가요성 및 압축성과 같은 형성된 진보된 연마 패드 재료의 기계적 성능을 제어 및/또는 튜닝하는 프로세스는, 올리고머/모노머 입체 장애(steric hindrance) 및 산소 농도를 통제하는 것을 포함하여, 적층 제조 프로세스의 광경화 제어 및 조작에 의존할 것이다. 광경화(광중합)의 동역학은 진보된 연마 패드의 적층 제조를 위해 중요하다. 중합 동역학은 1) 잉크 올리고머 및 모노머의 분자 입체 장애 및 2) 자유 라디칼 활동을 깨우는 산소 억제에 의해 강하게 영향을 받을 수 있다.

[0223] 입체 장애에 대해, 강한 입체 장애는 광경화 동역학을 감소시키고 따라서 적층 제조 프로세스 동안에 형성된 재료의 경화성을 감소시키고, 이는 기계적 성능을 튜닝을 허용할 수 있다. 일부 경우들에서 수지 프리커서 조성물은 예컨대 메타크릴레이트 계 올리고머 및/또는 모노머를 아크릴레이트 계 올리고머 및/또는 모노머와 블렌딩하는 것에 의해, 형성된 재료의 기계적 성능을 개선하기 위해 입체 장애를 증가시키도록 설계된 올리고머 및 모노머를 함유한다. 다시 말하면, 적층 제조 프로세스에 의해 형성된 재료들의 연신율은 아크릴레이트 계 올리고머 및/또는 모노머에 대한 메타크릴레이트 계 올리고머 및/또는 모노머의 비율을 관리함으로써 제어될 수 있다. 이관능성 올리고머 메타크릴레이트(X1) 및 삼관능성 올리고머 메타크릴레이트(X2)를 포함하는 메타크릴레이트 계 올리고머의 예들이 아래에 제시되어 있다.



[0224]

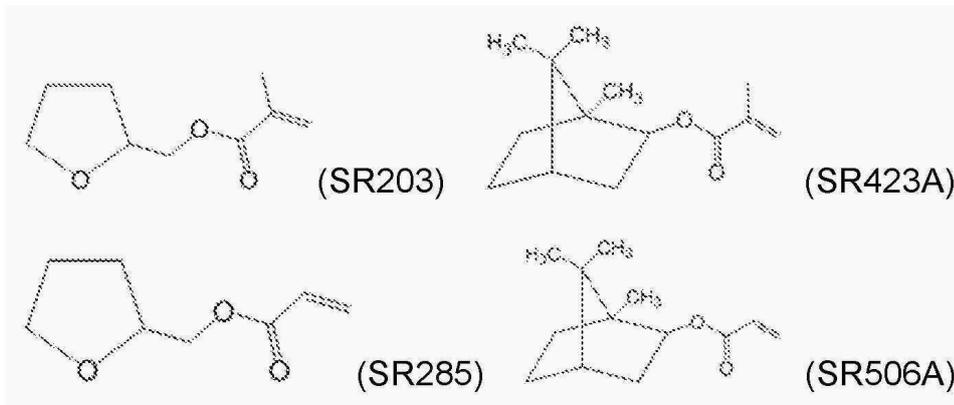
[0225] 이관능성 올리고머 아크릴레이트(Y1) 및 삼관능성 올리고머 아크릴레이트(Y2)를 포함하는 아크릴레이트 계 올리고머의 예들이 아래에 제시되어 있다.



[0226]

[0227]

또한, 아크릴레이트 계 및 메타크릴레이트 계 올리고머 및 모노머의 구체적인 예들은 Sartomer로부터 입수가 가능한 메타크릴레이트 계 재료 SR203 및 SR423A 및 아크릴레이트 계 재료 SR285 및 SR506A를 포함할 수 있다.



[0228]

[0229]

메타크릴레이트 올리고머의 전형적인 예들은 CN1963 및 CN1964를 포함하고, 이들도 Sartomer로부터 입수 가능하다. 증대된 재료 기계적 속성들은 연마 프로세스 동안 진보된 연마 패드의 기계적 성능에 이점을 제공한다. 예를 들어, 증대된 연신율은 진보된 연마 패드의 제거율, 웨이퍼와 웨이퍼 간 연마 불균일성(WIWNNU), 웨이퍼 내 불균일성(WIWNNU), 및 편광 효율을 용이하게 할 수 있다.

[0230]

형성된 재료의 기계적 속성들에 대한 산소 효과와 관련하여, 적층 제조 환경에서의 반응성 가스 농도(예를 들어, 산소)의 조작은 형성된 재료의 표면 속성들(예를 들어, 친수성, 액적의 형성된 동적 접촉 각도) 및 기계적 속성들을 튜닝하는 데에도 도움이 될 수 있다. 위에서 언급된 바와 같이, 다양한 대기 오염물질들(예를 들어, 공기)을 치환함으로써 적층 제조 틀 내의 환경의 구성을 제어함으로써, 적층 제조 틀 내에서 수행되는 프로세스들을 제어하여 프로세스 반복가능성, 프로세스 수율을 개선하고 형성된 층들의 속성들을 개선할 수 있다. 일부 실시예에서, 프린트 헤드들(308A-B) 및 형성된 층의 표면을 둘러싸는 환경에서의 가스 조성물은 그 환경을 통해 불활성 가스를 유동시킴으로써 제어된다. 불활성 가스의 예들은 처리 환경을 통해 실질적으로 층류 유동을 형성하는 유량으로 제공되는 질소(N₂) 및 아르곤(Ar)을 포함할 수 있다. 처리 환경을 통해 불활성 가스를 전달함으로써, 산소 농도는 퇴적된 재료의 경화성을 제어하도록 제어될 수 있다. 일례에서, 아크릴레이트 계 샘플의 푸리에 변환 적외선 분광법(FT-IR) 특성화(아래 표 A 참조)에 기초하여, 표준 대기 환경(즉, 주변 조건들)에서 UV LED 조사 소스를 사용할 때 발생하는 표면 경화의 백분율은 약 44%인 것으로 밝혀진 반면, 동일한 환경을 질소로 퍼징할 경우 약 88%의 표면 경화 레벨이 제공되었다. 다른 예에서, 다른 아크릴레이트 계 샘플의 FT-IR 특성화에 기초하여, 표준 대기 환경(즉, 주변 조건들)에서 표준 UV 조사 소스를 사용할 때 발생하는 표면 경화의 백분율은 약 52%인 것으로 밝혀진 반면, 동일한 환경을 질소로 퍼징할 경우 약 96%의 표면 경화 레벨이 제공되었다. UV 및 UV LED에서의 동적 접촉 각도는 질소 퍼징이 없는 경우 30-50° 에서 질소 퍼징된 환경에서 60-80° 로 변한다.

[0231] <표 A>

샘플	소스	층 두께 (μm)	복사 에너지 (mJ/cm^2)	% 표면 경화 (주변)	% 바닥 경화 (주변)	% 표면 경화 (N_2 블랭킷)	% 바닥 경화 (N_2 블랭킷)
1	UV	125	12	52	84	96	88
2	UV- LED	125	12	44	80	88	88

[0232]

[0233] 진보된 연마 패드 제제의 예들

[0234]

위에서 언급된 바와 같이, 일부 실시예에서, 제1 및 제2 연마 요소들(204 및 206)과 같은 2개 이상의 연마 요소 중 적어도 하나를 형성하기 위해 이용되는 재료들 중 하나 이상은 적어도 하나의 경화가능한 수지 프리커서 조성물의 순차적인 퇴적 및 퇴적후 처리에 의해 형성된다. 일반적으로, 적층 제조 시스템(350)의 프리커서 전달 섹션(353)에서 수행되는 프리커서 제제 프로세스 동안 혼합되는 경화가능한 수지 프리커서 조성물들은, 관능성 올리고머, 반응성 희석제 및 경화 성분, 예컨대 개시제를 함유하는 수지 프리커서 조성물들의 제제를 포함할 것이다. 이러한 성분들 중 일부의 예들이 표 3에 열거되어 있다.

[0235]

<표 3>

참조 명칭	재료 정보	관능가	Tg (°C)	UTS (psi)	% 연신율
O1	지방족 우레탄 아크릴레이트 올리고머	2	27	5378	79
O2	지방족 육관능성 우레탄 아크릴레이트	6	145	11,000	1
O3	낮은 점도 디아크릴레이트 올리고머	2	26	1,600	10
O4	지방족 육관능성 아크릴레이트	6	120		
O5	다관능성 우레탄 아크릴레이트 올리고머	3.4	46	3045	2
O6	지방족 우레탄 디아크릴레이트 올리고머 1	2	해당 없음	해당 없음	해당 없음
O7	지방족 우레탄 아크릴레이트 올리고머 2	해당 없음	해당 없음	해당 없음	해당 없음
O8	지방족과의 지방족 폴리에스테르 우레탄 디아크릴레이트 블렌드 디아크릴레이트	2+2	해당 없음	해당 없음	해당 없음
O9	아크릴 올리고머	해당 없음	해당 없음	해당 없음	해당 없음
M1	디프로필렌 글리콜 디아크릴레이트	2	104	2938	5
M2	2-프로페노익산, 2-페녹시에틸 에스테르	1	5	19	236
M3	3-급-부틸 시클로헥산을 아크릴레이트 (TBCHA)	1	41		
M4	폴리에테르-개질된 폴리디메틸실록산				
M5	CTFA 2 에테르	1	32	-	-
M6	EOEO-EA	1	-54	-	-
M7	2-(((부틸아미노) 카르복실)옥시)에틸 에스테르	1	-3		

[0236]

M8	테트라하이드로푸르푸릴 아크릴레이트	1	-12		
M9	사관능성 폴리에테르 아크릴레이트	4	해당 없음	해당 없음	해당 없음
M10	이소보르닐 아크릴레이트	1	해당 없음	해당 없음	해당 없음
M11	2-[[부틸아미노) 카르복실]옥시] 에틸 아크릴레이트	1	해당 없음	해당 없음	해당 없음
P1	2-히드록시-2-메틸-1-페닐-프로판-1-온	해당 없음	해당 없음	해당 없음	해당 없음
P2	4-페닐벤조페논	해당 없음	해당 없음	해당 없음	해당 없음
P3	아실 포스핀 옥사이드	해당 없음	해당 없음	해당 없음	해당 없음
P4	비스-벤조일 포스핀 옥사이드	해당 없음	해당 없음	해당 없음	해당 없음
P5	P1 과 P3 의 블렌드	해당 없음	해당 없음	해당 없음	해당 없음
A1	아크릴레이트 아민 상충작용제	<1	해당 없음	해당 없음	해당 없음
A2	폴리옥시에틸렌 알킬페닐 에테르 암모늄 술페이트 비이동성 계면활성제				
A3	부틸 메타크릴레이트-코-메틸 메타크릴레이트 공중합체		52		

[0237]

[0238]

관능성 올리고머들의 예들은 표 3의 항목들 01-09에서 발견될 수 있다. 관능성 반응성 희석제들 및 다른 첨가제들의 예들은 표 3의 항목들 M1-M11에서 발견될 수 있다. 경화 성분들의 예들은 표 3의 항목들 P1-P5 및 A1에서 발견된다. 표 3에서 발견되는 항목들 01-03, 07-09, M1-M3, M5-M6 및 M8-M10은 Sartomer USA로부터 입수가 가능하고, 항목 M11은 미국 IGM Resins로부터 입수가 가능하고, 항목 04는 한국의 Miwon Specialty Chemicals Corporation으로부터 입수가 가능하고, 항목 05-06은 미국 조지아주 Alpharetta의 Allnex Corporation으로부터 입수가 가능하고, 항목 M4는 독일의 BYK-Gardner GmbH로부터 입수가 가능하고, 항목 M7은 Rahn USA Corporation으로부터 입수가 가능하고 항목 P1-P5 및 A1은 Ciba Specialty Chemicals Inc. 및 Rahn USA Corporation으로부터 입수가 가능하다. A2는 오클라호마주 Tulsa의 Montello, Inc.로부터 입수가 가능하다. 공중합체 A3은 미국 미주리주 St. Louis의 Sigma-Aldrich Chemical Company로부터 입수 가능하다.

[0239]

본 명세서에 설명된 적층 제조 프로세스들의 하나의 이점은, 패드 바디 구조물 내에서 이용되는 다양한 재료들의 구조적 구성 및 재료들의 조성에 기초하여 조정될 수 있는 속성들을 갖는 진보된 연마 패드를 형성하는 능력을 포함한다. 아래의 정보는 일부 재료 제제들, 및 이러한 제제들 및/또는 처리 기술들에서의 다양한 성분들의 변화가, 종래의 연마 패드 설계들에 비해 개선된 연마 결과들을 달성할 진보된 연마 패드를 형성하는 데에 필요한 속성들 중 일부에 미치는 영향의 일부 예들을 제공한다. 이러한 예들에서 제공된 정보는 진보된 연마 패드 (200)의 적어도 일부, 예컨대 제1 연마 요소(204), 제2 연마 요소(206), 또는 제1 및 제2 연마 요소들(204 및 206) 둘 다의 일부를 형성하는 데 사용될 수 있다. 본 명세서에 설명된 속성들 중 일부를 조정하기 위해 다른 유사한 화학 제제들 및 처리 기술들이 이용될 수 있으므로, 본 명세서에 제공된 예들은 본 명세서에 제공된 본 개시내용의 범위를 제한하는 것으로 의도되지는 않는다.

[0240]

위에서 그리고 아래에서 설명되는 경화가능한 수지 프리커서 조성물 성분들의 예들은 비교예들인 것으로 의도되고, 본 기술분야의 통상의 기술자라면, 원하는 속성들을 달성하기 위해 다양한 소스들로부터의 다른 적합한 모

노머들/올리고머들을 찾아낼 수 있다. 반응성 희석제의 일부 예들은 2-에틸 헥실 아크릴레이트, 옥틸테실 아크릴레이트, 환상 트리메틸올프로판 포멀 아크릴레이트, 카프로락톤 아크릴레이트, 이소보닐 아크릴레이트(IBOA), 및 알콕시화된 라우릴 메타크릴레이트이다. 앞에서 언급된 재료들은 Sigma-Aldrich로부터 입수가 가능하고, 또한 Sartomer USA 및/또는 Rahn AG USA로부터 획득될 수 있다(SR 시리즈 203, 217, 238, 242, 306, 339, 355, 368, 420, 484, 502, 506A, 508, SR 531, 550, 585, 495B, 256, 257, 285, 611, 506, 833S, 및 9003B, CD 시리즈 421A, 535, 545, 553, 590, 730, 및 9075, Genomer 시리즈 1116, 1117, 1119, 1121, 1122, 5142, 5161, 5275, 6058, 7151, 및 7210, Genocure 시리즈, BP, PBZ, PMP, DETX, ITX, LBC, LBP, TPO, 및 TPO-L, 및 Miramer 시리즈, M120, M130, M140, M164, M166, 및 M170). Photomer 4184는 미국 IGM Resins로부터 획득될 수 있다. 이관능성 가교결합제(difunctional cross-linkers)의 일부 예들은 비스페놀 A 글리세롤레이트 디메타크릴레이트(bisphenol A glycerolate dimethacrylate), 에틸렌 글리콜 디메타크릴레이트(ethylene glycol dimethacrylate), 디에틸렌 글리콜 디메타크릴레이트(diethylene glycol dimethacrylate), 테트라에틸렌 글리콜 디메타크릴레이트(tetraethylene glycol dimethacrylate), 1,6-헥산디올 디아크릴레이트(1,6-hexanediol diacrylate) 및 1,4-부탄디올 디아크릴레이트(1,4-butanediol diacrylate)이며, 이들은 Sigma-Aldrich로부터 획득될 수 있다. 올리고머들의 일부 예들은 지방족 올리고머(Sartomer USA로부터의 CN 시리즈 131, 131B, 132, 152, 508, 549, 2910, 3100 및 3105), 폴리에스테르 아크릴레이트 올리고머(Sartomer USA로부터의 CN 시리즈 292, 293, 294E, 299, 704, 2200, 2203, 2207, 2261, 2261LV, 2262, 2264, 2267, 2270, 2271E, 2273, 2279, 2282, 2283, 2285 및 2303) 및 지방족 우레탄 올리고머(Sartomer USA로부터의 CN 시리즈 929, 959, 961H81, 962, 969, 964A85, 965, 968, 980, 986, 989, 991, 992, 996, 2921, 9001, 9007, 9013, 9178 및 9783)를 포함할 수 있다. 3550, 3560, 307, 378, 1791, 1794, 9077, A515, A535, JET9510, JET9511, P9908, UV3500, UV3535, DISPERBYK168, 및 DISPERBYK2008과 같은 작용제들 또는 첨가제들이 BYK로부터 공급될 수 있다. Irgacure 시리즈 184, 2022, 2100, 250, 270, 295, 369, 379, 500, 651, TPO, TPO-L, 754, 784, 819, 907, 1173, 또는 4265와 같은 제1 타입 광개시제는 BASF로부터의 것일 수 있다. 다른 관능성 올리고머 및 수지 프리커서 조성물 성분들은 Allnex Corp.로부터 구입될 수 있고, 예컨대 Ebecryl 시리즈(EB): 40, 53, 80, 81, 83, 110, 114, 130, 140, 150, 152, 154, 168, 170, 180, 220, 230, 242, 246, 264, 265, 270, 271, 284, 303, 350, 411, 436, 438, 450, 452, 524, 571, 600, 605, 608, 657, 745, 809, 810, 811, 812, 830, 860, 870, 871, 885, 888, 889, 893, 1258, 1290, 1291, 1300, 1360, 1710, 3200, 3201, 3411, 3415, 3418, 3500, 3600, 3700, 3701, 3720, 4265, 4827, 4833, 4849, 4858, 4883, 5129, 7100, 8100, 8296, 8301, 8311, 8402, 8405, 8411, 8412, 8413, 8414, 8465, 8501, 8602, 8701, 8702, 8804, 8807, 8808, 및 8810이 있다. 트리에탄올 아민(TEA) 및 Hitenol 및 Maxemul 브랜드 재료와 같은 자유 및 비이동성(중합가능한) 계면활성제들은 미국 오클라호마주 Tulsa의 Sigma-Aldrich, Montello, Inc 및 미국 델라웨어주 New Castle의 Croda, Inc.로부터 입수가 가능하다.

[0241] 예 1 - 저장 탄성률 E' 및 E'30:E'90 비율 제어 예

[0242] 적층 제조 프로세스의 이용에 의해 진보된 연마 패드의 바람직한 영역들에서의 바람직한 저장 탄성률 E' 및 E'30:E'90 비율을 갖는 재료들의 형성 및/또는 제제는 진보된 연마 패드에 의해 달성되는 연마 결과들이 기관에 걸쳐 균일한 것을 보장하는 데에 있어서 중요한 인자이다. 저장 탄성률 E'는 경화된 폴리머 재료 내의 화학적 결합으로부터 기인하는, 형성된 재료의 고유 재료 속성이라는 점에 유의한다. 저장 탄성률은 동적 기계적 분석(DMA) 기술을 이용하여 30°C 및 90°C와 같은 원하는 온도에서 측정될 수 있다. 상이한 저장 탄성률들을 포함하는 제제들의 예들이 아래의 표 4에 예시되어 있다.

[0243] <표 4>

항목 번호	재료 조성 (표 3 참조 명칭 참조)	제제 조성 (wt %)	E'30 (MPa)	E'90 (MPa)	E'30/E'90
1	O1:M3	45:55	404	3.6	113.6
2	O1:M1	45:55	1595	169.5	9.4
3	O1:M3:M1:M2	45:22:22:11	680	10.4	65.3
4	O4:O1: M3:M1:M2	30:15:22:22:11	925	385.4	2.4
5	O4:O1:O3:M3:M1:M2:M4:P1	22.5:22.5:0.6:22:11:22:0.2:2	1536		8.9
6	O1:O3:M8:M7:M4:P1	42.5:0.6:34.5:23:0.2:2	4.4		1.3
7	O1:O2:M1:M3:P3:P2:A1	11.65:5.826:8.544:12.816:0.776:0.098:0.292	1700-2300	100-300	
8	O6:M9:M10:O3:M4:P3:P2:A1	3.799:5.698:9.497:0.038:0.019:0.38:0.142:0.427	900-1400	20-80	
9	O1:M3:M1:O2:P4:P2:A1:A2:O3:M4	24.10:26.51:24.65:12.05:1.61:0.20:0.60:9.97:0.20:0.10			

[0244]

[0245]

표 3 및 표 4의 항목 1 및 2를 참조하면, 다른 수치 프리커서 성분들보다 높은 관능성을 갖는 수치 프리커서 성분들(예를 들어, 화학적으로 활성인 관능기들 또는 세그먼트들을 함유하는 모노머, 올리고머, 반응성 희석제 및 다른 재료들)을 함유하는 제제를 생성하는 것은 상이한 온도들에서 증가된 저장 탄성률들 E'를 초래하는 한편, 형성된 재료의 E'30:E'90 비율은 감소될 수 있다. 제제에서 수치 프리커서 성분을 1의 관능가를 갖는 M3 타입으로부터 2의 관능가를 갖는 M1 타입의 수치 프리커서 성분으로 변경하는 것은 30℃에서 저장 탄성률 E'를 거의 400%만큼 증가시키는 한편, E'30:E'90 비율은 원래 값의 약 8%로 강하하였다. 유사하게, 표 4의 항목 3과 4를 비교하면, 다관능성 올리고머를 제제에 첨가함으로써, 상이한 온도들에서의 저장 탄성률들 E'가 적절하게 증가될 수 있는 한편, 형성된 재료의 E'30:E'90 비율은 크게 감소될 수 있다는 점에 유의한다. 따라서, 6의 관능가를 갖는 다관능성 올리고머 O4를 제제에 첨가함으로써, 30℃에서의 저장 탄성률 E'는 136%만큼만 증가된 한편, E'30:E'90 비율은 원래 값의 약 4%로 강하하였다. 이론에 얽매이도록 의도하지 않으면서, 증가된 관능가를 갖는 성분들을 액적 제제에 첨가하는 것으로 인해, 형성된 폴리머 재료 내에서의 가교결합의 정도를 증가시키는 것은, 더 높은 온도들(예를 들어, 90℃)에서의 저장 탄성률 E'에 상당한 영향을 미치고, 따라서 E'30:E'90 비율에 상당한 영향을 미치는 것으로 여겨진다. 그러므로, 본 개시내용의 일부 실시예에서, 2 이상의 관능가를 갖는 프리커서 성분들은 진보된 연마 패드(200) 내에 더 경질인 재료 영역들(예를 들어, 제1 연마 요소들(204))을 형성하기 위해 이용되는 제제들에서 이용된다. 동일한 방식으로, 진보된 연마 패드(200)의 더 연질인 영역들은 연마 패드 내의 더 경질인 영역들보다 더 적은 관능가를 갖는 제제들의 이용에 의해 형성될 수 있다. 그러므로, 본 개시내용의 일부 실시예에서, 2 이하의 관능가를 갖는 프리커서 성분들은 진보된 연마 패드(200) 내에 더 연질인 재료 영역들(예를 들어, 제2 연마 요소들(206))을 형성하기 위해 이용되는 제제들에서 이용된다.

[0246]

본 개시내용의 추가 실시예들에서, 표 4의 항목 7 및 8에 의해 예시된 것들과 같이, 더 큰 40 kg 배치들에서의 고 탄성률 제제들이 제조될 수 있다. 이들 및 다른 실시예들에서, 높은 정도의 가교결합이 달성되는 한편, 또한 제제가 본 명세서에 설명되는 바와 같은 적층 제조 프로세스를 이용하여 분배될 수 있게 할 점도(예를 들어, 70℃에서 5 내지 30 cP)를 갖는 것을 보장하도록 다관능성 수치 프리커서 성분의 양이 증가될 수 있다. 예를 들어, 항목 7로부터 유도된 재료는 육관능성 우레탄 아크릴레이트 O1을 함유하고 높은 탄성률 및 안정적인 E'30:E'90 탄성률 비율을 나타낸다. 사관능성 아크릴레이트 희석제(항목 M9)를 함유하는 항목 8 제제로부터 유사한 강성의 높은 탄성률 연마 패드 재료가 생성될 수 있다. 특히, 항목 8 제제로 생성된 연마 패드는 약 3000 옹스트롬/분(angstroms/min)의 중간 제거율로, 약 2500 내지 약 3500 옹스트롬/분의 유리하게 높은 산화물 제거율을 나타내었다(세라믹 계 연마 슬러리를 이용하여). 항목 8 제제는 또한 다수의 연마 실험의 과정에 걸쳐 "열적 안정성"의 범위를 나타내었고, 패드 온도는 약 30℃의 중간 온도로 약 27℃ 내지 약 31℃에서만 달라졌다.

- [0247] 본 개시내용의 추가 실시예들에서, 표 4의 항목 7을 포함하지만 이에 한정되지는 않는 제제들은 전형적인 연마 프로세스 온도들에서 높은 기관 제거율들과 같은 증대된 패드 연마 속성들을 갖는 새로운 친수성 또는 "물을 좋아하는" 연마 패드 재료 및/또는 패드 표면을 생성하도록 튜닝되거나 개질될 수 있다는 것이 밝혀졌다. 구체적으로, 높은 제거율들을 갖는 새로운 친수성 연마 패드들은 표 4의 항목 9에 예시된 제제와 같은 제제에서 중합 가능한 계면활성제들의 첨가에 의해 생성될 수 있다. 이러한 예에서, 소수성 대신에 친수성인 본 명세서에 설명된 적층 제조 프로세스의 이용에 의해 새로운 연마 패드 재료를 생성하기 위해 적절한 양의 중합 가능한 계면활성제가 제제에 첨가될 수 있다. 일부 경우들에서, 중합 가능한 계면활성제들은 비이동성 계면활성제들(non-migratory surfactants, NMS) 또는 "서페이머들(surfamers)"이라고도 알려져 있을 수 있다. NMS 재료들은 올리고머 및 모노머와 같은 제제 내의 다른 중합된 수지 프리커서 성분들에 공유 결합 및/또는 공중합되기 때문에 재료를 통해 또는 재료 밖으로 이동 또는 확산되지 않는다. NMS 관능기 및/또는 공중합 메커니즘은 본 개시내용에서 한정되지 않으며, 따라서 NMS는 본 명세서에 개시된 것들과 같은 임의의 적합한 수지 프리커서 성분, 및/또는 아크릴레이트와의 자유 라디칼 반응과 같은, 자유 라디칼 메커니즘에 의해 공중합될 수 있는 이중 결합 또는 다른 불포화의 사이트와 같은, 그러한 공중합을 일으키는 임의의 적합한 관능기를 함유할 수 있다. 일반적으로, NMS는 합성, 분해, 단일 치환 및 이중 치환, 산화/환원, 산/염기, 친핵성, 친전자성 및 라디칼 치환들, 및 첨가/제거 반응들을 포함하지만, 이들로 한정되지는 않는 임의의 화학 반응, 변형, 또는 상호작용에 관여할 수 있는 화학 관능기를 함유할 수 있다.
- [0248] NMS 재료들 및 계면활성제들은 활성 표면 코팅들 및 재료 분산들액 또는 졸들의 생성에 일반적으로 유용한데, 그 이유는 이들이 계면활성제의 친수성 부분이 수성 용매 또는 매질과 상호작용하고 분자의 소수성 부분이 미셀 내의 입자 또는 졸을 안정시킬 수 있는 안정적인 미셀들을 형성할 수 있기 때문이다. 일반적인 NMS 계면활성제들은 음이온 및/또는 비이온 화합물들 또는 그의 부분들, 예컨대 알킬, 아릴 또는 알킬아릴 술페이트, 술포네이트, 포스페이트 또는 포스페이트 에스테르, 알킬 술폰산, 술포숙시네이트 염, 지방산 및 에톡실레이트드 알코올 또는 페놀의 알칼리 금속 또는 암모늄 염들을 포함할 수 있지만 이들로 한정되지는 않는다. 전형적인 프로세스에서 전형적으로 사용되는 NMS 또는 계면활성제의 양은 입자, 유체, 모노머 및/또는 수지 프리커서 성분의 중량을 기준으로, 약 0.1 중량% 내지 6 중량%일 수 있다.
- [0249] 연마 슬러리들은 또한 전형적으로 연마 입자들 및 다른 컴포넌트들을 안정화 및 정지시키기 위해 계면활성제들을 사용한다. 일부 수성 슬러리 에멀전들은 종래의 연마 패드 표면과 상호작용하지 않을 것으로 여겨지는데 왜냐하면 패드 표면은 반발력 또는 소수성 특성을 갖기 때문이다. 유리하게는, 본 명세서에 제공된 본 개시내용의 실시예들은 NMS 재료들을 이용하여 친수성 연마 패드 제제를 형성하고, 그에 의해 수성 계 연마 슬러리들과 같은, 대부분의 종래의 연마 슬러리들과 상호작용할 수 있게 할 표면 에너지를 갖는 표면을 갖는 연마 패드를 생성한다. 구체적으로, 공유 결합된 NMS 재료들을 함유하는 새로운 연마 패드들 및/또는 새로운 연마 패드 표면들은 연마 패드-슬러리-기관 계면에서의 연마 슬러리와 화학적으로 상호작용하고 따라서 그 연마 슬러리를 안정화시키는 계면활성제 유사 패드 표면(예를 들어, 60° 미만의 동적 접촉 각도)을 제공하는 것으로 여겨진다. NMS 함유 제제를 사용하여 형성된 패드 표면은 노출된 패드 표면의 친수성 성질에 의해 패드 표면과 기관 사이에서 슬러리가 양호하게 유지됨으로 인해 증가된 기관 재료 제거율을 제공하는 것으로 여겨진다. 유용할 수 있는 비이동성 계면활성제들은 미국 오클라호마주 Tulsa의 Montello, Inc. 및 미국 델라웨어주 New Castle의 Croda, Inc., 및 미국 사우스캐롤라이나주, Greenville의 Ethox Chemicals, LLC로부터 각각 입수 가능한 Hitenol, Maxemul, 및 E-Sperse 브랜드 재료들을 포함한다.
- [0250] NMS 재료들에 의해 개질될 연마 패드들은 수성 연마 슬러리와 접촉할 때 증가된 표면 습윤성 및 감소된 접촉 각도들을 나타낼 것으로 예상된다. 이는 친수성 패드 표면 에너지(Dyne)가 슬러리 또는 슬러리 액적의 표면 에너지에 더 가깝게 매칭되어, 액적이 패드 표면과 상호작용하고 소수성 표면에 비해 확산되게 하기 때문이다. 일부 실시예에서, 친수성 패드 재료들은 패드 표면을 가로질러 증가된 슬러리 상호작용 및 슬러리 이송을 나타낼 수 있는데, 이는 NMS 개질된 표면과 슬러리의 상호작용으로 인한 것으로 여겨진다. 그러한 재료들은 약 60도, 예컨대 약 10도 내지 약 60도, 및 약 20도 내지 약 60도, 및 약 30도 내지 약 60도, 및 약 40도 내지 약 60도, 및 약 50도 내지 약 60도의 동적 접촉 각도로 패드 표면 상의 물을 나타낼 수 있다.
- [0251] 일 실시예에서, 소수성 제제인 항목 7은 중합 가능한 계면활성제 및 다른 적절한 재료들의 첨가에 의해 개질되어 표 4의 항목 9에 의해 나타내어진 새로운 친수성 제제를 생성할 수 있다. 항목 9 제제를 사용하여 형성된 친수성 연마 패드들은 항목 7 제제를 사용하여 형성된 소수성 대조 표준 샘플과 비교하여 연마 동안에 실리콘 산화물의 증가된 제거율을 나타낸다. 일 실시예에서, 항목 9 친수성 제제로부터 유도된 패드는 항목 7 소수성 패드 재료보다 약 1.5배 큰 제거율을 나타내었다. 예를 들어, 항목 9 제제에 의해 형성된 패드 재료는 약 2350 옴스

트롬/분의 중간 제거율로, 약 2200 옹스트롬/분 내지 약 2400 옹스트롬/분의 제거율을 나타내었다. 대조적으로, 소수성 항목 7 제제로부터 유도된 연마 패드는 약 1590 옹스트롬/분의 중간 제거율로, 약 1470 옹스트롬/분 내지 약 1685 옹스트롬/분의 제거율을 나타내었다.

[0252] 재료의 제거율은 일반적으로 기관 표면의 마모에 의해 생성된 마찰로 인해 증가된 연마 프로세스 온도와 케를 같이 하는 경향이 있다. 이는 항목 9의 친수성 패드가 약 28℃의 중간 온도로, 약 26℃ 내지 약 29℃의 프로세스 온도를 나타낸 연마 프로세스의 일 실시예에서 반영된다. 대조적으로, 소수성 항목 7 제제로부터 유도된 소수성 패드의 온도는 약 22℃의 중간 온도로, 약 20℃ 내지 약 23℃의 상당히 낮은 프로세스 온도를 나타내었다. 본 개시내용의 다른 실시예에서, 항목 9의 친수성 패드가 약 48℃의 중간 온도로, 약 44℃ 내지 약 49℃의 프로세스 온도를 나타낸 연마 프로세스 동안에 유사한 가열 거동이 관찰되었다. 대조적으로, 소수성 항목 7 제제로부터 유도된 소수성 패드의 온도는 약 40℃의 중간 온도로, 약 37℃ 내지 약 42℃의 상당히 낮은 프로세스 온도를 나타내었다.

[0253] 예 2 - 저장 탄성률 E' 및 퍼센트 회복률 제어 예들

[0254] 진보된 연마 패드에서 이용되는 재료의 저장 탄성률 E' 및 퍼센트 회복률(%)을 조정하기 위해 이용될 수 있는 상이한 제제들의 예들이 아래의 표 5에 예시되어 있다.

[0255] <표 5>

항목 번호	재료 조성 (표 3 참조 명칭 참조)	제제 조성 (wt %)	E'30 (MPa)	UTS (MPa)	E'30/E'90	% 파단 연신율	% 회복률
1	O1:O2:M3:M1:M2	40:5:10:10:35	347	9.8	19	38.5	40
2	O1:O2:M3:M1:M2	25:5:10:50:10	1930	19.5	11	1.9	86

[0256] 표 5의 항목들 1 및 2를 참조하면, 제제 중의 다양한 성분들의 양들을 조정함으로써, 더 낮은 온도들(예를 들어, 30℃)에서의 저장 탄성률들 E'의 증가, 퍼센트 회복률(%)의 증가 및 파단 연신율(percent elongation at break)의 감소가 달성될 수 있다는 점에 유의한다. 30℃에서의 저장 탄성률 E', 퍼센트 회복률(%) 및 파단 연신율 속성들의 상당한 변화는 주로 높은 유리 전이 온도(Tg)를 갖는 화학 성분들의 백분율의 증가로 인한 것으로 여겨진다. 낮은 유리 전이 온도를 갖는 재료, 예컨대 수지 프리커서 성분 M2(예를 들어, Tg = 5℃)는 실온에서 더 연질로 되는 경향이 있는 한편, 높은 유리 전이 온도를 갖는 재료, 예컨대 수지 프리커서 성분 M1(예를 들어, Tg = 104℃)은 실온 근처의 온도들에서 더 경질이고 더 취성(brittle)으로 되는 경향이 있다는 점에 유의한다. 이러한 예에서, 2의 관능기를 갖는 다관능성 올리고머 O1의 백분율은 약간 감소되는 한편, 2의 관능기를 또한 갖는 수지 프리커서 성분 M1의 백분율은 크게 증가되며, E'30:E'90 비율의 변화는 단지 완만하게(modestly) 변화한다는 점에 유의한다. 그러므로, 가교결합 밀도는 표 5의 항목들 1 및 2의 조성들에 의해 형성되는 폴리머 재료들에 대해 유사할 가능성이 높고, 이것은 2가지 재료의 E'30:E'90 비율의 다소 완만한 변화에 의해 지원되는 것으로 여겨진다. 그러므로, 일부 실시예에서, 더 높은 저장 탄성률 E', 더 큰 경도, 처리 동안의 더 큰 회복 백분율 및 더 작은 파단 연신율을 갖는 재료를 형성하기 위해, 제제에서 높은 유리 전이 온도를 갖는 프리커서 성분들이 증가될 수 있다. 유사하게, 일부 실시예에서, 더 낮은 저장 탄성률 E', 더 낮은 경도, 및 더 높은 파단 연신율을 갖는 재료를 형성하기 위해, 제제에서 낮은 유리 전이 온도를 갖는 프리커서 성분들이 증가될 수 있다.

[0258] 일부 실시예에서, 40℃ 이하의 유리 전이 온도(Tg)를 갖는 성분들의 양이 40℃ 초과인 유리 전이 온도(Tg)를 갖는 성분들의 양보다 더 많도록, 낮은 저장 탄성률 E' 재료를 형성하기 위해 이용되는 액적 제제 중의 다양한 성분들을 조정하는 것이 바람직하다. 유사하게, 일부 실시예에서, 40℃ 초과인 유리 전이 온도(Tg)를 갖는 성분들의 양이 약 40℃ 이하의 유리 전이 온도(Tg)를 갖는 성분들의 양보다 더 많도록, 높은 저장 탄성률 E' 재료를 형성하기 위해 이용되는 액적 제제 중의 다양한 성분들을 조정하는 것이 바람직하다. 일부 실시예에서, 진보된 연마 패드에서 낮은 저장 탄성률 E' 재료를 형성하기 위해 이용되는 액적 제제 중의 하나 이상의 수지 프리커서 성분 재료는 40℃ 이하, 예컨대 30℃ 이하의 유리 전이 온도(Tg)를 갖고, 동일한 진보된 연마 패드에서 더 높은 저장 탄성률 E' 재료를 형성하기 위해 이용되는 액적 제제를 형성하는 데 이용되는 하나 이상의 수지 프리커서 성분 재료는 40℃ 이상의 유리 전이 온도(Tg)를 갖는다.

[0259] 일부 실시예에서, 진보된 연마 패드 내의 형성된 낮은 저장 탄성률 E' 재료는 형성된 재료의 탄젠트 델타가 25 내지 90°C의 온도 범위에 걸쳐 0.25를 초과하도록 유리 전이 온도(Tg)를 갖는다. 일부 실시예에서, 액적 제제 중의 하나 이상의 수지 프리커서 성분 재료는 진보된 연마 패드 내의 낮은 저장 탄성률 E' 재료를 형성하는 데 이용된다.

[0260] 예 3 - 접촉 각도 제어 예

[0261] 도 3c와 함께 위에서 논의된 바와 같이, 표면 상에 퇴적되는 액적들의 접촉 각도를 조정하기 위해 이용될 수 있는 상이한 제제들의 예들이 아래의 표 6에 예시되어 있다. 위에서 언급된 바와 같이, 1) 적층 제조 프로세스 동안의 분배된 액적 중의 성분들의 조성, 2) 이전에 형성된 층의 경화의 양, 3) 경화 디바이스로부터의 에너지의 양, 4) 분배된 액적이 배치되는 표면의 조성, 및 5) 액적 조성물 중의 경화제(예를 들어, 광개시제)의 양을 적어도 제어함으로써, 분배된 액적의 접촉 각도 α는 본 명세서에 설명된 적층 제조 프로세스에 의해 형성되는 피쳐들의 레졸루션의 제어를 개선하도록 제어될 수 있는 것으로 밝혀졌다.

[0262] <표 6>

항목 번호	재료 조성 (표 3 참조 명칭 참조)	제제 조성 (wt %)	E'30 (MPa)	접촉 각도 (°)	E'30/E'90	회복률 (%)
1	O1:O2:M1:M2:P1	22:18:30:30:<1	2078	30	9.4	85
2	O1:O2:M1:M2:O3:M4:P1:P2:A1	22.5:22.5:30:25:0.06:0.02:<1:<1:<1	1353	60	4	82
3	O1:O2:M1:M2:O3:M4:P1:P2:A1	27.5:17.5:30:25:0.06:0.02:<1:<1:<1	2632	90	4.4	79

[0263] 표 6의 항목들 1, 2 및 3을 참조하면, 제제 중의 다양한 성분들의 양들을 조정함으로써, 동일하거나 유사한 액적 제제로 형성된 표면 상의 경화된 액적 또는 "고정된" 액적의 접촉 각도가 조정될 수 있다는 점에 유의한다. 접촉 각도에서의 상당한 변화는 분배된 액적의 제제 중의 광개시제 성분들(예를 들어, 항목들 P1, P2 및 A1) 및 관능성 모노머들(예를 들어, 항목들 M1-M2 및 M4)의 타입 및 양을 조정함으로써 달성될 수 있는 것으로 여겨진다.

[0265] 액적 제제의 접촉 각도는 다음과 같은 것의 사용을 통해 개선될 수 있다: 1) 적어도 부분적으로 경화된 액적들의 기계적 속성들이 달성될 수 있음을 보장하는 벌크 경화 광개시제들(예를 들어, 제1 타입의 광개시제)를 통해, 2) UV 노출을 통해 생성된 자유 라디칼들을 킬링하는 환경에서 O₂의 능력을 감소시킴으로써 빠른 표면 경화를 가능하게 하는 벤조페논 및 아민 상승작용제와 같은 제2 타입의 광개시제(예를 들어, 제2 타입의 광개시제)의 사용을 통해, 그리고 3) 분배된 액적의 표면을 다소 극성으로 만드는 경향이 있는 표면 개질제들을 통해. 예를 들어, 친수성의 경화되지 않은 수지의 방울이 소수성 표면 상에 퇴적될 때, 분배된 액적의 표면 에너지가 변경될 수 있도록 표면 개질제들이 이용될 수 있다. 이것은 큰 접촉 각도를 초래할 것이고, 그에 의해 액적이 표면을 "습윤"시키지 않는 것을 보장할 것이다. 표면의 습윤을 방지하면, 후속하여 퇴적되는 액적들이 수직으로(예를 들어, Z 방향) 구축되는 것이 허용될 것이다. 연속적인 액적(droplet after droplet)이 서로의 옆에 수평으로 위치될 때, 수직으로 형성되는 피쳐들의 측면들이 기울어진 형상(sloping shape)에 대조적으로 수직으로 형성되도록, 표면의 수평 습윤을 방지하는 것이 바람직하다. 접촉 각도의 이러한 개선은 프린팅된 피쳐들의 측면들이 수직이거나, 서로의 위에 퇴적될 때 점진적인 기울기들을 갖는 것을 보장한다. 연마 피쳐들의 기관 접촉 면적이 각각의 연마 프로세스 전체에 걸쳐 일관된 접촉 면적으로 유지될 필요가 있을 때, 그리고/또는 패드 연마 재료가 패드의 수명 전체에 걸쳐 연마 또는 패드 컨디셔닝에 의해 제거될 때, 이러한 레졸루션은 진보된 연마 패드에서 중요하다.

[0266] 예 4 - 낮은 저장 탄성률 E' 튜닝 예

[0267] 진보된 연마 패드의 다양한 영역들에서의 바람직한 낮은 저장 탄성률 E' 및 바람직한 E'30:E'90 비율을 갖는 재료들의 선택, 제제 및/또는 형성은, 진보된 연마 패드의 정적 및 동적 관련 기계적 속성들이 더 높은 저장 탄성률 E' 재료와 결합될 때 바람직한 연마 결과들을 달성하도록 조정될 수 있다는 것을 보장하는 데에 있어서 중요한 인자일 수 있다. 상이한 저장 탄성률들 E'를 포함하는 제제들의 예들이 아래의 표 7에 예시되어 있다.

[0268] <표 7>

항목 번호	재료 조성 (표 3 참조 명칭 참조)	제제 조성 (wt %)	E'30 (MPa)	E'90 (MPa)	E'30/E'90
1	O1:O5:M3:M5:M6:P1	25:25:21.4:14.3:14.3:<1	88	20	4.4
2	O8:M8:O9:O3:M4:P5	27:40:33:0.3:0.1:2	25.2	5.2	4.8
3	O1:M3:M2	45:27.5:27.5:<1	17.9	3.1	5.9

[0269]

[0270]

표 7의 항목들 1 및 3을 참조하면, 위의 예 1에서 유사하게 언급된 바와 같이, 2 이상의 관능가를 갖는 그리고 상이한 유리 전이 온도들(Tg)을 갖는 다관능성 올리고머를 함유하는 제제를 생성함으로써, 상이한 온도들에서의 저장 탄성률들 E'는 조정될 수 있는 한편, 형성된 재료의 E'30:E'90 비율은 일정하게 유지될 수 있다는 점에 유의한다. 따라서, 3.4의 관능가를 갖는 다관능성 올리고머 05를 제제에 첨가함으로써, 30℃에서의 저장 탄성률 E'는 거의 500%만큼 증가된 한편, E'30:E'90 비율은 원래 값의 약 75%로만 강하하였다. 이론에 얽매이도록 의도하지 않으면서, 액적 제제에 다관능성 올리고머 05 성분들을 첨가하는 것으로 인해, 형성된 폴리머 재료 내에서의 가교결합의 정도를 증가시키는 것은, 비교적 낮은 유리 전이 온도 Tg를 갖는 수지 프리커서 성분과 조합하여 이용될 때 더 낮은 온도들(예를 들어, 30℃)에서의 저장 탄성률 E'에 상당한 영향을 미치는 것으로 여겨진다. 그러므로, 본 개시내용의 일부 실시예에서, 2 이상의 관능가를 갖는 수지 프리커서 성분들은 진보된 연마 패드(200) 내에 더 연질인 재료 영역들(예를 들어, 제2 연마 요소들(206))을 형성하기 위해 비교적 낮은 유리 전이 온도 Tg를 갖는 수지 프리커서 성분과 조합하여 이용된다. 또한, 본 개시내용의 일부 실시예에서, 2 이하의 관능가를 갖는 관능성 올리고머 및 프리커서 성분들은 진보된 연마 패드(200) 내에 더 연질인 재료 영역들(예를 들어, 제2 연마 요소들(206))을 형성하기 위해 이용되는 제제들에서 이용된다. 또한, 수지 프리커서 성분들의 비율 및 아이덴티티들의 조정은 표 7의 항목 2에 예시된 바와 같이 원하는 E'30:E'90 비율에서의 높은 연신율 재료를 유리하게 생성할 수 있으며, 여기서 재료는 약 82% 내지 약 114%의 연신율 및 약 4.8의 E'30:E'90을 나타내었다는 점에 추가로 유의한다. 본 개시내용의 다른 실시예에서는, 약 80 내지 약 195%의 연신율을 나타낸 높은 연신율의 재료가 생성되었고, 여기서 수지 프리커서 성분 O7:M10:M11:P5의 wt% 비율들은 약 15:10:75:2일 수 있다. 유사하게, 수지 프리커서 성분들을 다음의 비율들: O1:M7:M8:O3:M4:P1으로 조합함으로써 안정적인 E'30:E'90 재료를 생성할 수 있고, 여기서 상대적인 wt% 비율들(kg)이 약 16.537:8.949:13.424:0.233:0.078:0.778인 경우 40 kg 배치가 생성될 수 있다. 상기 실시예들 및 예들에 따라, 수지 프리커서 성분들 및 이들의 서로에 대한 비율들의 신중한 선택에 의해 경도와 연신율을 밸런싱할 수 있는 한편, 또한 제제가 본 명세서에 설명되는 바와 같은 적층 제조 프로세스를 이용하여 분배될 수 있게 할 점도(예를 들어, 70℃에서 15 내지 30 cP)를 갖는 것을 보장할 수 있다.

[0271]

일부 실시예에서, 수지 프리커서 조성물에서, 올리고머 대 모노머의 상대적인 양들을 제어하는 것(또는 본 명세서에서 올리고머-모노머 비율을 제어하는 것이라고도 언급됨)에 의해 진보된 연마 패드 내의 연마 요소들(204, 206) 중 하나 이상의 연마 요소의 속성들을 제어하여, 수지 프리커서 조성물에 의해 형성되는 경화된 재료 내의 가교결합의 양을 제어하는 것이 바람직하다. 수지 프리커서 조성물에서 올리고머-모노머 비율을 제어함으로써, 형성된 재료의 속성들(예를 들어, 기계적, 동적, 연마 성능 등)이 추가로 제어될 수 있다. 일부 구성에서, 모노머는 600 미만의 분자량을 갖는다. 일부 구성에서, 올리고머는 600 이상의 분자량, 예컨대 1000 초과 분자량을 갖는다. 일부 구성에서, 올리고머-모노머 비율은 올리고머 성분 대 모노머 성분의 중량 비율로서 정의되며, 전형적으로 원하는 강도 및 탄성률을 달성하도록 선택된다. 일부 구현에서, 올리고머-모노머 비율은 약 3:1 내지 약 1:19이다. 일부 구현 예에서, 올리고머-모노머 비율은 약 3:1 내지 약 1:3(예를 들어, 비율 2:1 내지 1:2, 비율 1:1 내지 1:3; 비율 3:1 내지 1:1)의 범위에 있다. 일례에서, 1:1의 올리고머-모노머 비율은 형성된 제제의 프린팅 가능성을 유지하면서 연신율 및 저장 탄성률 E'와 같은 바람직한 인성 속성들을 달성하는데 이용될 수 있다. 일부 실시예에서, 1:1 비율보다 큰 올리고머-모노머 비율을 선택하는 것이 바람직하고, 따라서 중량으로 모노머에 비해 더 큰 양의 올리고머를 함유한다. 1:1보다 큰 올리고머-모노머 비율을 갖는 수지 프리커서 조성물은 진보된 연마 패드(200)에서 인성이 더 큰 또는 엘라스토머가 더 큰 재료 영역들(예를 들어, 제1 연마 요소들(204))을 형성하는 데 이용될 수 있다. 일부 실시예에서, 1:1 비율보다 작은 올리고머-모노머 비율을 선택하는 것이 바람직하고, 따라서 중량으로 모노머에 비해 더 작은 양의 올리고머를 함유한다. 1:1보다 큰 올리고머-모노머 비율을 갖는 수지 프리커서 조성물은 진보된 연마 패드(200)에서 엘라스토머가 더 작은 재료 영역들(예를 들어, 제2 연마 요소(206))을 형성하는 데 이용될 수 있다.

[0272] 예 5 - 진보된 연마 패드 속성들의 예

[0273] 위에서 논의된 바와 같이, 본 명세서에 설명된 적층 제조 프로세스들은, 퇴적된 조성물들의 속성들이 결합되어, 개별 재료들의 속성들의 평균 또는 속성들의 "복합물"인 속성들을 갖는 연마 패드를 생성할 수 있도록, 진보된 연마 패드의 특정 패드 영역들에서 원하는 속성들을 갖는 재료 조성물들의 특정 배치를 가능하게 한다. 일례에서, 진보된 연마 패드는 원하는 온도 범위에 걸쳐 바람직한 평균 탄젠트 델타($\tan \delta$ 속성들을 갖도록 형성될 수 있다. 도 8a의 곡선들(821-823), 곡선들(831-833) 및 곡선들(841)은 상이하게 구성된 및/또는 로딩된 진보된 연마 패드들에 대한 온도의 함수로서의 평균 탄젠트 델타 속성들을 예시한다.

[0274] 도 8b 및 도 8c는 도 8a에 도시된 온도 대비 탄젠트 델타 데이터를 생성하는 데 사용된 진보된 연마 패드들의 두 가지 기본 구성의 측단면도들이다. 도 8a의 곡선들(821-823)에서 발견되는 온도 대비 탄젠트 델타 데이터는, 도 8b에 도시된 타입의 진보된 연마 패드 샘플들이, 캔틸레버된 샘플들을 Z 방향으로 로딩하는 테스트 기구에서 순환되게 하는 DMA 기술을 이용하여 수집되었다. 도 8a의 곡선들(831-833)에서 발견되는 온도 대비 탄젠트 델타 데이터는, 도 8b에 도시된 타입의 진보된 연마 패드 샘플들이, 캔틸레버된 샘플들을 X 방향으로 (예를 들어, 형성된 층들에 평행하게) 로딩하는 테스트 기구에서 순환되게 하는 DMA 기술을 이용하여 수집되었다. 도 8a의 곡선(841)에서 발견되는 온도 대비 탄젠트 델타 데이터는, 도 8c에 도시된 타입의 진보된 연마 패드 샘플들이, 캔틸레버된 테스트 샘플을 Z 방향으로 로딩하는 테스트 기구에서 순환되게 하는 DMA 기술을 이용하여 수집되었다. 테스트들 전부 동안, 진보된 연마 패드 샘플들은 5°C/분의 상승률로 -81°C의 온도로부터 95°C의 온도까지 가열되었다.

[0275] 도 8b는 형성된 층들이 X-Y 평면에 평행하게 정렬되고 Z 방향으로 적층되도록 본 명세서에 설명된 적층 제조 프로세스를 이용하여 형성되는 제1 연마 패드 재료(801) 및 제2 연마 패드 재료(802)의 불연속 층들을 포함하는 진보된 연마 패드(200)의 일부를 예시한다. 제1 연마 패드 재료(801)는 낮은 유리 전이 온도(T_g)를 갖는 낮은 저장 탄성률 우레탄 아크릴레이트 재료를 포함하고, 제2 연마 패드 재료(802)는 높은 유리 전이 온도(T_g)를 갖는 높은 저장 탄성률 우레탄 아크릴레이트 재료를 포함한다. 제1 연마 패드 재료(801) 및 제2 연마 패드 재료(802)의 층들은 각각 Z 방향으로 두께(810 및 811)를 갖는다.

[0276] 도 8a를 다시 참조하면, 플롯된 데이터는 곡선들(801C 및 802C)에 의해 도시된 바와 같이, 제1 연마 패드 재료(801) 및 제2 연마 패드 재료(802)에 대해 분리된 별개의 탄젠트 델타 피크들을 포함한다. 도 8b에 도시된 진보된 연마 패드 구성에 대해 수행되는 DMA 테스트에 대한 탄젠트 델타 데이터는 곡선들(821-823) 및 곡선들(831-833)에 의해 예시되어 있고, 도 8c에 도시된 진보된 연마 패드 구성에 대해 수행되는 DMA 테스트에 대한 탄젠트 델타 데이터는 곡선(841)에 의해 예시되어 있다.

[0277] 곡선들(821, 822 및 823)은 테스트 동안 Z 방향으로 로딩될 때 도 8b에 도시된 층들 각각의 두께 및 상대적인 스페이싱을 변경하는 것의 효과를 예시한다. 곡선(821)은, 제1 연마 패드 재료(801) 대 제2 연마 패드 재료(802)의 50:50 조성을 갖고, 따라서 층들 각각에 대해 Z 방향으로 등가의 두께들(810 및 811)을 갖는, 도 8b에 도시된 진보된 연마 패드 구조물에 대한 온도의 함수로서의 탄젠트 델타의 플롯을 예시한다. 제1 샘플에서의 두께들(810 및 811)은 둘 다 약 0.16mm(0.006 인치)였다. 곡선(822)은, 제1 및 제2 재료들(801 및 802)의 층들의 두께들(810 및 811)이 둘 다 2배 컷다는 점을 제외하고는, 곡선(821)을 발생시키기 위해 이용되는 동일한 일반적인 진보된 연마 패드 구조물에 대한 온도의 함수로서의 탄젠트 델타의 플롯을 예시한다. 유사하게, 곡선(823)은, 제1 및 제2 연마 패드 재료들(801 및 802)의 층들의 두께들(810 및 811)이 둘 다 3배 컷다는 점을 제외하고는, 곡선(821)을 발생시키기 위해 이용되는 동일한 진보된 연마 패드 구조물에 대한 온도의 함수로서의 탄젠트 델타의 플롯을 예시한다. 곡선들(821, 822 및 823)은 모두 탄젠트 델타 데이터 내의 2개의 선명한 피크 (예를 들어, 피크들(825 및 826)) 및 그 피크들 각각의 크기에서의 강하에 의해 알 수 있는 바와 같이, 개별 재료들(801 및 802)에서 발견된 속성들의 블렌딩 또는 평균화를 나타낸다는 점에 유의한다. 곡선들(821, 822 및 823)에서 발견되는 2개의 피크는 제1 연마 패드 재료와 제2 연마 패드 재료 사이에 형성되는 분자 스케일 혼합, 사슬 얽힘, 및/또는 화학적 결합을 나타낼 수 있다. 따라서, 일부 실시예에서, 진보된 연마 패드에서 제1 연마 요소들 내의 제1 재료 조성물과 제2 연마 요소들 내의 제2 재료 조성물 사이에 분자 스케일 혼합, 사슬 얽힘, 및/또는 화학적 결합이 바람직하게 형성될 수 있고, 이는 형성된 진보된 연마 패드의 속성(예를 들어, 탄젠트 델타, E'30:E'90 비율, E'30 등)을 개선하는 데 도움이 될 수 있다.

[0278] 곡선들(831, 832 및 833)은 테스트 동안 X 방향으로 로딩될 때 도 8b에 도시된 층들 각각의 두께 및 상대적인 스페이싱을 변경하는 것의 효과를 예시한다. 곡선(831)은, 제1 연마 패드 재료(801) 대 제2 연마 패드 재료(802)의 50:50 조성을 갖고, 따라서 층들 각각에 대해 Z 방향으로 등가의 두께들(810 및 811)을 갖는, 도 8b에

도시된 진보된 연마 패드 구조물에 대한 온도의 함수로서의 탄젠트 델타의 플롯을 예시한다. 제1 샘플에서의 두께들(810 및 811)은 둘 다 약 0.16mm(0.006 인치)였다. 곡선(832)은, 제1 및 제2 재료들(801 및 802)의 층들의 두께들(810 및 811)이 둘 다 2배 컷다는 점을 제외하고는, 곡선(831)을 발생시키기 위해 이용되는 동일한 일반적인 진보된 연마 패드 구조물에 대한 온도의 함수로서의 탄젠트 델타의 플롯을 예시한다. 유사하게, 곡선(833)은, 제1 및 제2 연마 패드 재료들(801 및 802)의 층들의 두께들(810 및 811)이 3배 컷다는 점을 제외하고는, 곡선(831)을 발생시키기 위해 이용되는 동일한 진보된 연마 패드 구조물에 대한 온도의 함수로서의 탄젠트 델타의 플롯을 예시한다. 탄젠트 델타 데이터 내의 2개의 선명한 피크(예를 들어, 피크들(835 및 836)) 및 피크들 각각의 크기 강하에 의해 알 수 있는 바와 같이, 곡선(831)은 개별 재료들(801 및 802)에서 발견되는 속성들의 블렌딩 또는 평균화를 나타낸다는 점에 유의한다. 2개의 선명한 피크의 결여에 의해 알 수 있는 바와 같이, 곡선들(832 및 833)은 개별 재료들(801 및 802)에서 발견되는 속성들의 약간의 블렌딩 또는 평균화만을 나타낸다.

[0279] 도 8c는 제1 연마 패드 피쳐들(815)이 베이스 층(816)에 의해 지지되고 Z 방향으로 정렬되도록 적층 제조 프로세스를 이용하여 또한 형성된, 제1 연마 패드 피쳐(815) 및 베이스 층(816)을 포함하는 진보된 연마 패드(200)의 일부를 예시한다(예를 들어, 도 2a의 항목들(204a)). 이러한 구성의 베이스 층(816)은, 제1 연마 패드 재료(801)의 고정된 액적들 및 제2 연마 패드 재료(802)의 고정된 액적들의 50:50 "블렌드"(즉, 1:1 재료 조성 비)를 포함한다. 제1 연마 패드 피쳐들(815) 및 베이스 층(816)의 두께들은 각각 X 방향으로 각각 정렬되는 폭(818 및 819)을 갖는다. 곡선(841)은 진보된 연마 패드(200)의 평균 또는 "복합물" 속성들에 대해 조성적으로 "블렌딩된" 연마 패드 요소를 형성하는 것의 효과를 예시한다. 탄젠트 델타 데이터에서 2개의 선명한 피크(예를 들어, 피크들(845 및 846)) 및 이러한 피크들 각각의 크기에서의 강하에 의해 알 수 있는 바와 같이, 곡선(841)은 베이스 층(816)에서 발견되는 개별 재료들(801 및 802)에서 발견되는 속성들의 블렌딩 또는 평균화를 나타낸다는 점에 유의한다. 곡선(841)에서 발견되는 2개의 피크는 베이스 층(816) 내에서 제1 연마 패드 재료와 제2 연마 패드 재료 사이에 형성되는 분자 스케일 혼합, 사슬 얽힘, 및/또는 화학적 결합을 나타낼 수 있다.

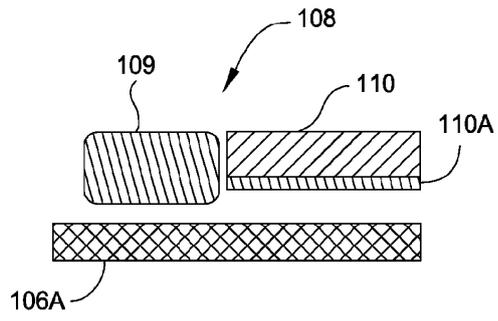
[0280] 도 8a에서 발견된 온도 대비 탄젠트 델타 데이터는 로딩 방향에 대한 층들의 구조적 스페이싱 또는 두께(예를 들어, 곡선들(821 및 841))가 진보된 연마 패드 내의 탄젠트 델타 속성 평균화에 대해 극적인 영향을 미칠 수 있다는 것을 예시한다. 곡선들(831, 832 및 833)을 참조하면, 더 경질인 재료의 층과 더 연질인 재료의 층 사이의 스페이싱이 증가함에 따라, 형성된 층 배향(예를 들어, X 방향)에 평행한 방향으로 로딩될 때, 더 경질인 재료들의 속성들은 형성된 연마 패드의 속성들을 더 많이 좌우하는 경향이 있다는 점에 유의한다. 그러나, 곡선들(821, 822 및 823)을 참조하면, 더 경질인 재료의 층과 더 연질인 재료의 층 사이의 스페이싱은 로딩 방향에 수직인 배향으로 정렬된 연마 피쳐들을 갖도록 구성되는 형성된 진보된 연마 패드의 속성들에 거의 영향을 미치지 않는다는 점에 유의하는데, 그 이유는 측정된 온도 대비 탄젠트 델타는 피쳐들의 두께가 증가함에 따라 많이 변하지 않기 때문이다. 그러므로, 진보된 연마 패드 내에서의 "경질" 층과 "연질" 층의 상대적인 스페이싱, 및 로딩 방향에 대한 구조적 배향을 제어함으로써, 패드 속성들 중 하나 이상(예를 들어, 탄젠트 델타)은 진보된 연마 패드의 연마 프로세스 성능을 더 양호하게 제어하도록 조정될 수 있다.

[0281] 대안적인 패드 구조물 설계들

[0282] 도 9는 본 개시내용의 일 실시예에 따른 연마 패드(900)의 개략적인 사시 단면도이다. 연마 패드(900)는 프린팅된 연마 패드의 제2 연마 요소(206)와 유사한 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 재료인 제2 연마 요소(902)를 포함한다. 제2 연마 요소들(206)과 유사하게, 제2 연마 요소(902)는 폴리우레탄 및 지방족 세그먼트들을 포함할 수 있는 하나 이상의 엘라스토머 폴리머 조성물로 형성될 수 있다. 연마 패드(900)는 제2 연마 요소(902)로부터 연장되는 복수의 표면 피쳐들(906)을 포함한다. 표면 피쳐들(906)의 외측 표면들(908)은 연질 또는 낮은 E' 재료 또는 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 재료들의 조성물로 형성될 수 있다. 일 실시예에서, 표면 피쳐들(906)의 외측 표면(908)은 제2 연마 요소(902)와 동일한 재료 또는 동일한 재료 조성물로 형성될 수 있다. 표면 피쳐들(906)은 또한 그 안에 매립된 경질 피쳐(904)를 포함할 수 있다. 경질 또는 높은 저장 탄성률 E' 피쳐들(904)은 표면 피쳐들(906)보다 더 경질인 재료 또는 재료 조성물로 형성될 수 있다. 경질 또는 높은 저장 탄성률 E' 피쳐들(904)은, 가교결합된 폴리머 조성물들 및 방향족 기들을 함유하는 조성물들을 포함하여, 진보된 연마 패드의 경질 또는 높은 저장 탄성률 E' 피쳐들(204)의 재료 또는 재료들과 유사한 재료들로 형성될 수 있다. 매립된 경질 피쳐들(904)은 표면 피쳐들(906)의 유효 경도를 변경하고, 따라서 연마를 위한 원하는 타겟 패드 경도를 제공한다. 외측 표면(908)의 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 폴리머 층은 연마되고 있는 기판 상에서 평탄화를 개선하고 결함들을 감소시키기 위해 이용될 수 있다. 대안적으로, 연질 또는 낮은 저장 탄성률 E' 폴리머 재료가 본 개시내용의 다른 연마 패드들의 표면들 상에 프린팅되어, 동일한 이점을 제공할 수 있다.

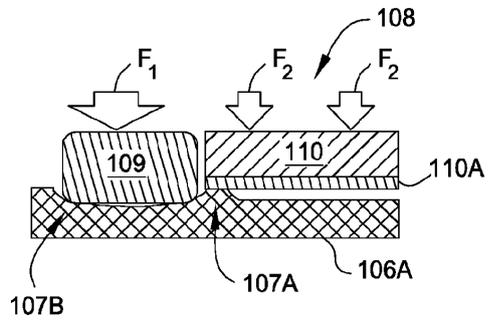
- [0283] 도 10은 하나 이상의 관측 윈도우(1010)를 갖는 연마 패드(1000)의 개략적인 사시 단면도이다. 연마 패드(1000)는 패드 바디(1002)를 가질 수 있다. 패드 바디(1002)는 하나 이상의 연결 또는 낮은 저장 탄성률 E' 피쳐들(1006) 및 연마를 위해 제2 연마 요소들(1006)로부터 연장되는 복수의 제1 연마 요소들(1004)을 포함할 수 있다. 제2 연마 요소들(1006) 및 제1 연마 요소들(1004)은 진보된 연마 패드(200)의 제2 연마 요소(들)(206) 및 제1 연마 요소들(204)을 위한 재료들과 유사한 재료들로 형성될 수 있다. 제1 연마 요소들(1004)은 본 개시 내용에 따른 임의의 적당한 패턴으로 배열될 수 있다.
- [0284] 하나 이상의 관측 윈도우(1010)는 연마되고 있는 기관의 관측을 허용하기 위해 투명 재료 또는 조성물들로 형성될 수 있다. 관측 윈도우들(1010)은 제2 연마 요소들(1006) 또는 제1 연마 요소들(1004)을 통하여 그리고/또는 이러한 요소들의 부분들 주위에 형성될 수 있다. 일부 실시예에서, 관측 윈도우(1010)는 실질적으로 투명한 재료로 형성될 수 있고, 따라서 CMP 광학 종료점 검출 시스템에서 이용하기 위한 레이저 및/또는 백색 광원으로부터 방출되는 광을 투과시킬 수 있다. 광학적 투명도(optical clarity)는 종료점 검출 시스템의 광 검출기에 의해 이용되는 광 빔의 파장 범위에 걸쳐 적어도 약 25% (예를 들어, 적어도 약 50%, 적어도 약 80%, 적어도 약 90%, 적어도 약 95%)의 광 투과율을 제공할 정도로 충분히 높아야 한다. 전형적인 광학 종료점 검출 파장 범위들은 가시 스펙트럼(예를 들어, 약 400nm) 내지 약 800nm), 자외선(UV) 스펙트럼(예를 들어, 약 300nm 내지 약 400nm), 및/또는 적외선 스펙트럼(예를 들어, 약 800nm 내지 약 1550nm)을 포함한다. 일 실시예에서, 관측 윈도우(1010)는 280 내지 800nm의 파장에서 35% 초과 투과율을 갖는 재료로 형성된다. 일 실시예에서, 관측 윈도우(1010)는 280 내지 399nm의 파장들에서 35% 초과 투과율, 그리고 400 내지 800nm의 파장들에서 70% 초과 투과율을 갖는 재료로 형성된다. 일부 실시예에서, 관측 윈도우(1010)는, 공기/윈도우/물 계면으로부터의 반사들을 감소시키고 기관으로의/으로부터의 관측 윈도우(1010)를 통한 광의 투과를 개선하기 위해 높은 광학적 투명도를 갖고 연마 슬러리의 굴절률과 대략 동일한 낮은 굴절률을 갖는 재료로 형성된다.
- [0285] 일 실시예에서, 관측 윈도우(1010)는 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA)를 포함하는 투명한 프린팅된 재료로 형성될 수 있다. 다른 실시예에서, 윈도우는 에폭시드 기들을 함유하는 투명 폴리머 조성물들을 이용하여 형성되며, 여기서 조성물들은 양이온 경화를 이용하여 경화될 수 있고, 추가의 투명도 및 더 적은 수축을 제공할 수 있다. 유사한 실시예에서, 윈도우는 양이온 경화 및 자유 라디칼 경화 둘 다를 겪는 조성물들의 혼합물로 형성될 수 있다. 다른 실시예에서, 윈도우는 다른 프로세스에 의해 제조될 수 있고, 3D 프로세스에 의해 형성되는 연마 패드 내의 미리 형성된 개구 내로 기계적으로 삽입될 수 있다.
- [0286] 도 11은 후면 층(backing layer)(1106)을 포함하는 연마 패드(1100)의 개략적인 사시 단면도이다. 연마 패드(1100)는 제2 연마 요소(1104) 및 제2 연마 요소(1104)로부터 돌출하는 복수의 제1 연마 요소들(1102)을 포함한다. 연마 패드(1100)는 제2 연마 요소(1104)에 부착된 후면 층(1106)을 제외하고는 위에서 설명된 연마 패드들(200, 900, 1000) 중 임의의 것과 유사할 수 있다. 후면 층(1106)은 연마 패드(1100)에 원하는 압축성을 제공할 수 있다. 후면 층(1106)은 또한 원하는 경도를 달성하고/하거나 원하는 저장 탄성률 E' 및 손실 탄성률 E''를 갖기 위해 연마 패드(1100)의 전체적인 기계적 속성들을 변경하기 위해 이용될 수 있다. 후면 층(1106)은 80 미만의 쇼어 A 스케일의 경도 값을 가질 수 있다. 일 실시예에서, 후면 층(1106)은 폴리우레탄 또는 폴리실록산(실리콘)과 같은 개방 셀(open-cell) 또는 폐쇄 셀(closed-cell) 발포체로 형성될 수 있고, 그에 의해 압력 하에서, 셀들이 붕괴되고 후면 층(1106)이 압축된다. 다른 실시예에서, 후면 층(1106)은 천연 고무, EPDM 고무(에틸렌 프로필렌 디엔 모노머), 니트릴, 또는 네오프렌(폴리클로로프렌)으로 형성될 수 있다.
- [0287] 일 실시예에서, 제1 연마 요소(204) 및 제2 연마 요소(206)의 재료들은 연마 슬러리로부터의 공격에 대해 화학적으로 저항성이 있다. 다른 실시예에서, 제1 연마 요소(204) 및 제2 연마 요소(206)의 재료들은 친수성이다. 연마 패드의 친수성 및 소수성 성질은 본 기술분야의 통상의 기술자들에 의한 제제 화학물질들(formulation chemistries)의 신중한 선택에 의해 조정될 수 있다.
- [0288] 본 명세서에 설명된 연마 패드들은 원형 형상이지만, 본 개시내용에 따른 연마 입자들은 연마 동안 선형으로 이동하도록 구성된 연마 웹들과 같이 임의의 적합한 형상을 포함할 수 있다.
- [0289] 전통적인 연마 패드들과 비교하여, 본 명세서에 개시된 진보된 연마 패드는 수개의 제조 및 비용 관련 이점을 갖는다. 예를 들어, 전통적인 연마 패드들은, 기관들을 연마하기 위한 타겟 경도 및/또는 저장 탄성률 E'를 획득하기 위해 연결 또는 낮은 저장 탄성률 E' 재료, 예컨대 발포체로 형성된 서브패드에 의해 지지되는 기계가공되고 텍스처링된 연마 표면을 일반적으로 포함한다. 그러나, 다양한 기계적 속성들을 갖는 재료들을 선택하고, 진보된 연마 패드 상에 형성된 상이한 피쳐들의 치수들 및 배열을 조정함으로써, 서브패드에 대한 필요성 없이 진보된 연마 패드의 패드 바디에서 동일한 속성들이 달성될 수 있다. 그러므로, 진보된 연마 패드는 서브패드

도면1b



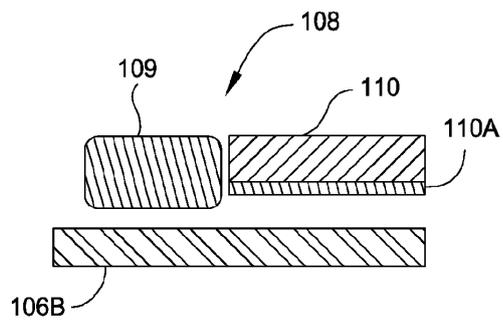
(종래 기술)

도면1c



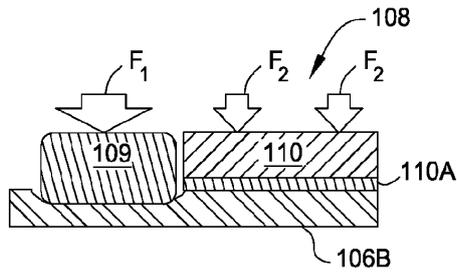
(종래 기술)

도면1d



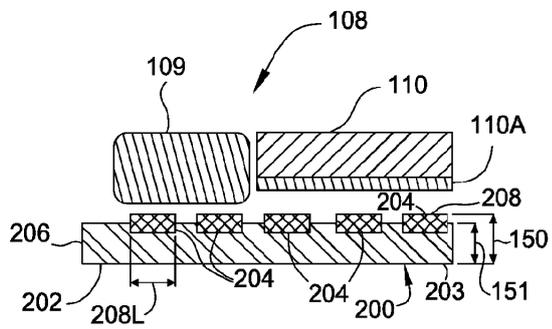
(종래 기술)

도면1e

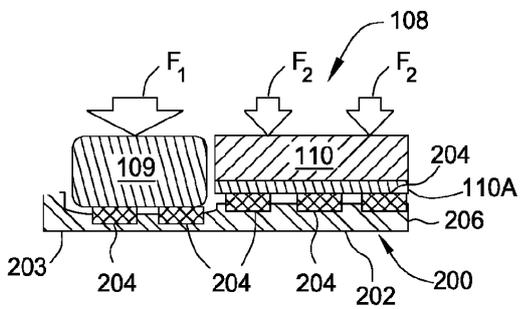


(종래 기술)

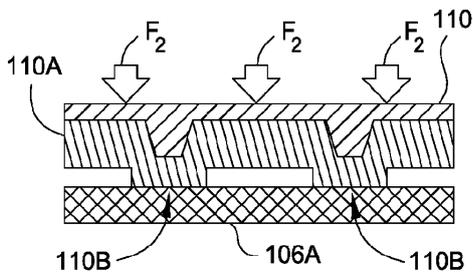
도면1f



도면1g

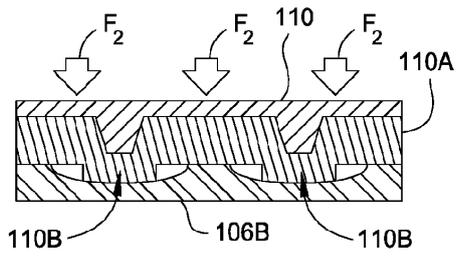


도면1h



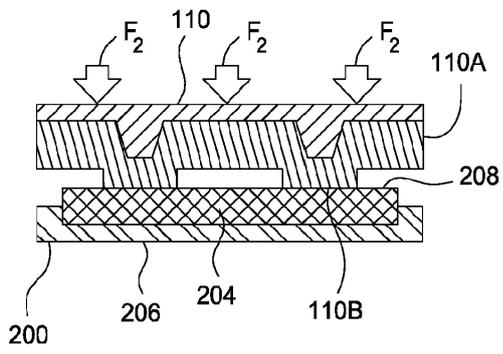
(종래 기술)

도면1i

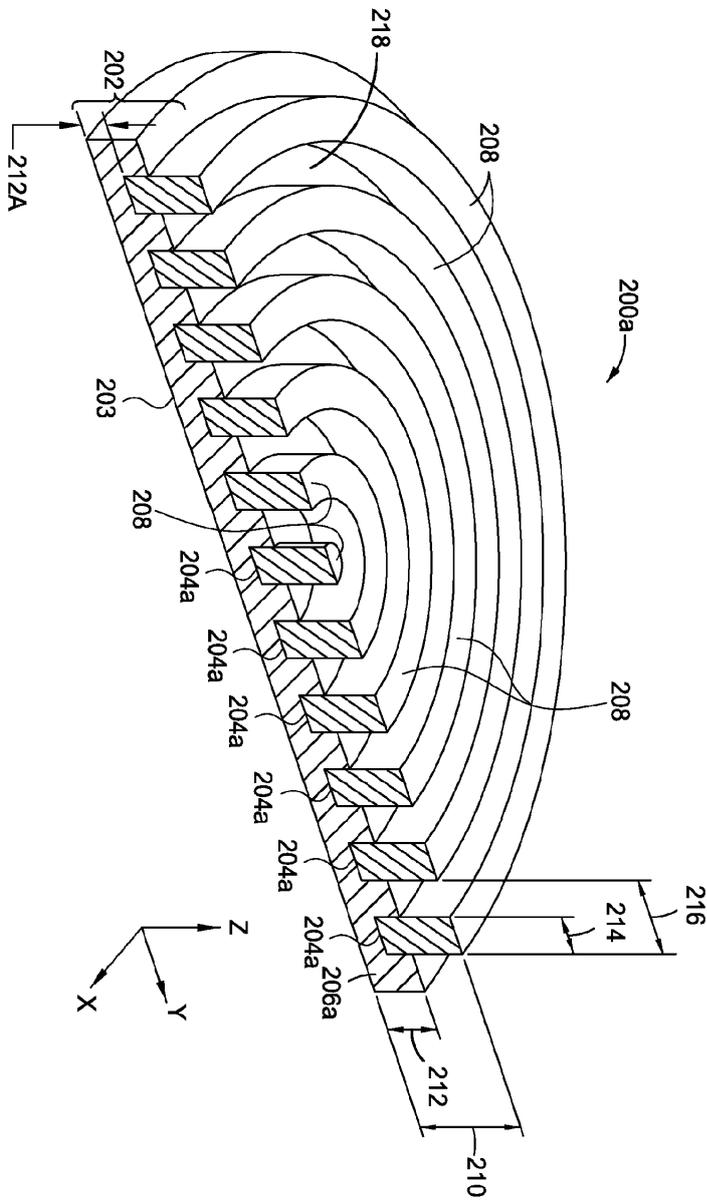


(종래 기술)

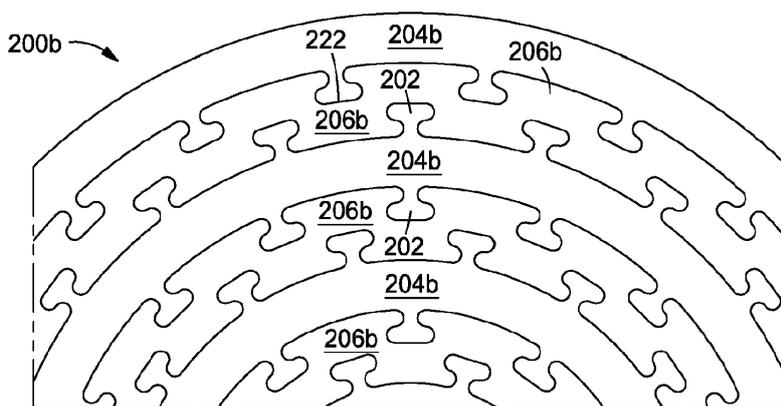
도면1j



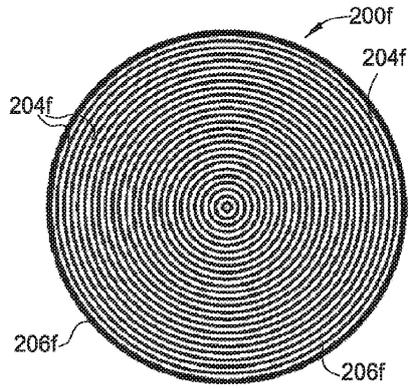
도면2a



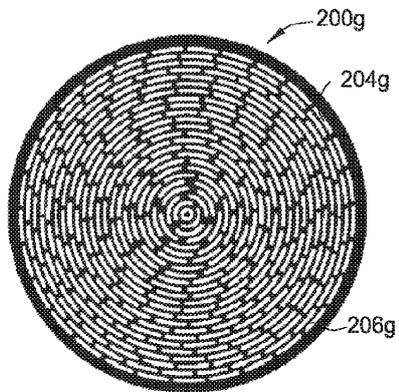
도면2b



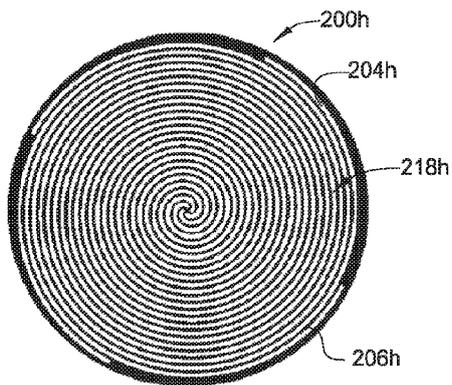
도면2f



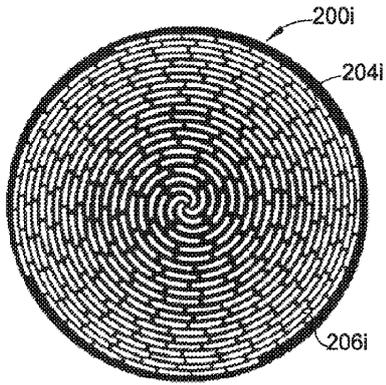
도면2g



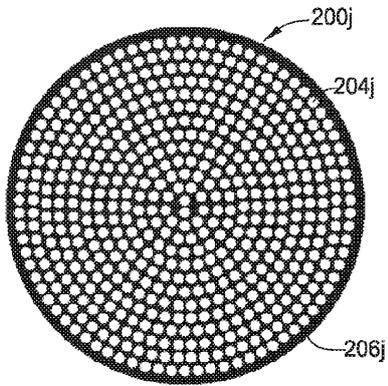
도면2h



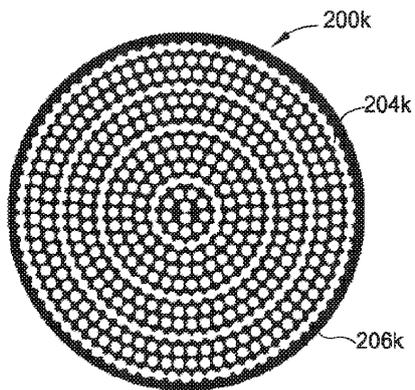
도면2i



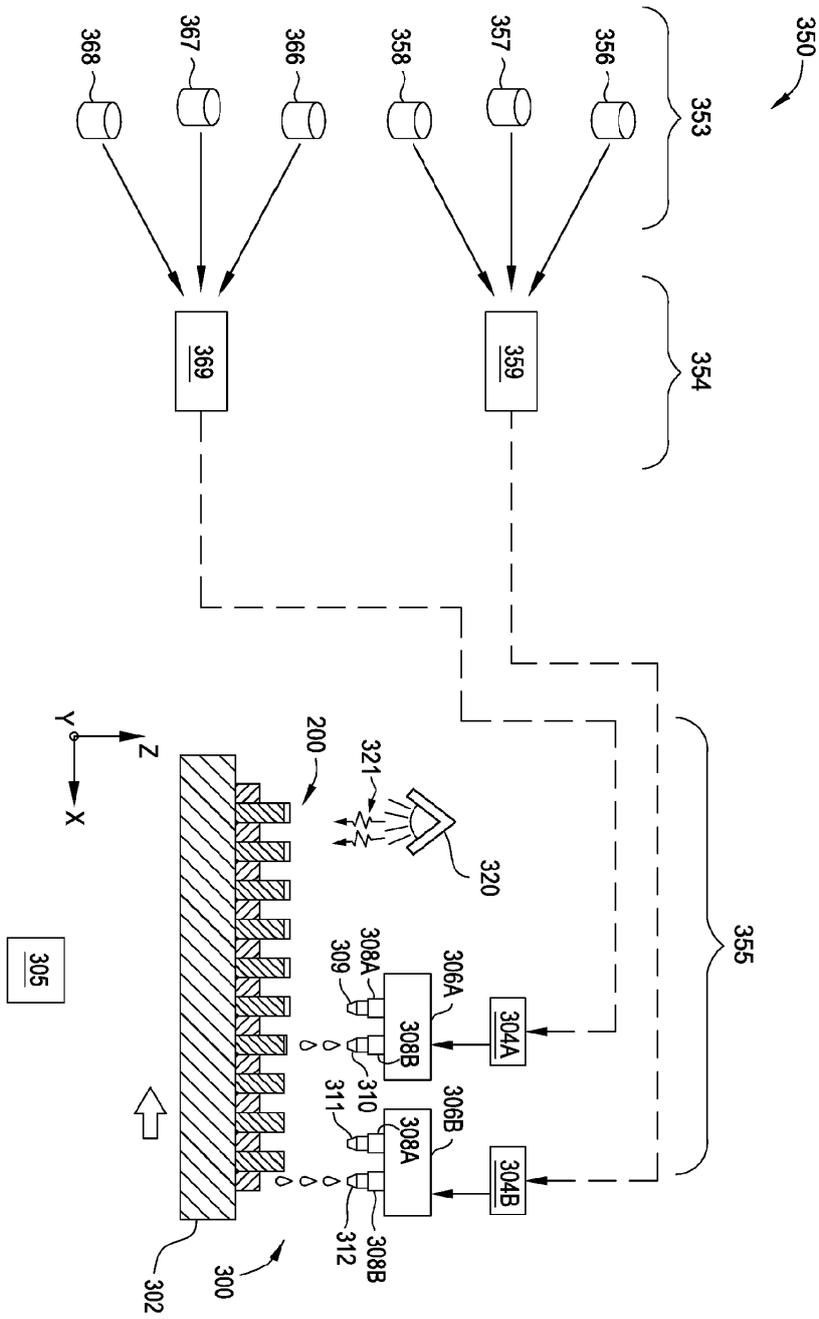
도면2j



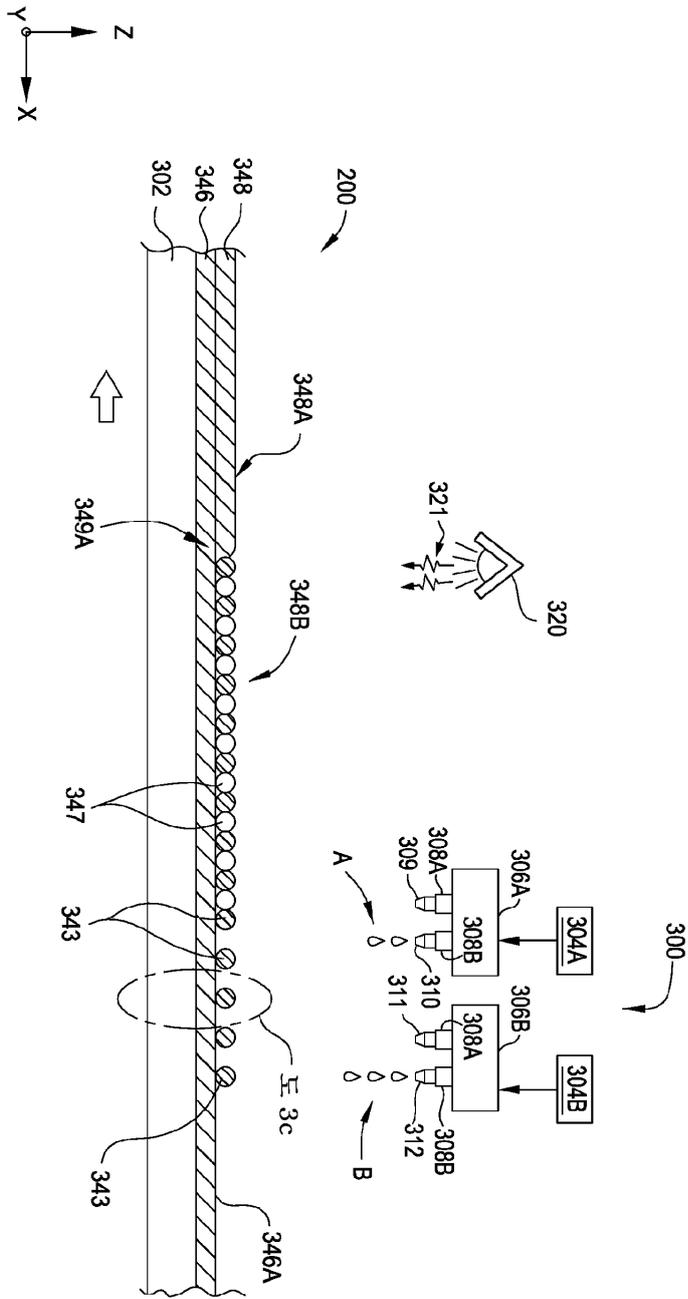
도면2k



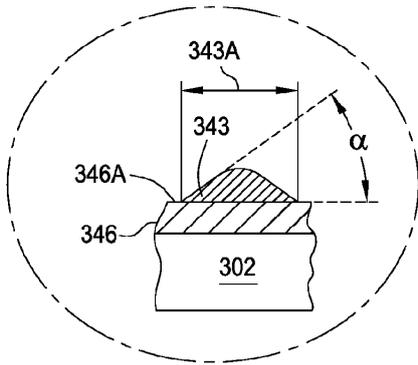
도면3a



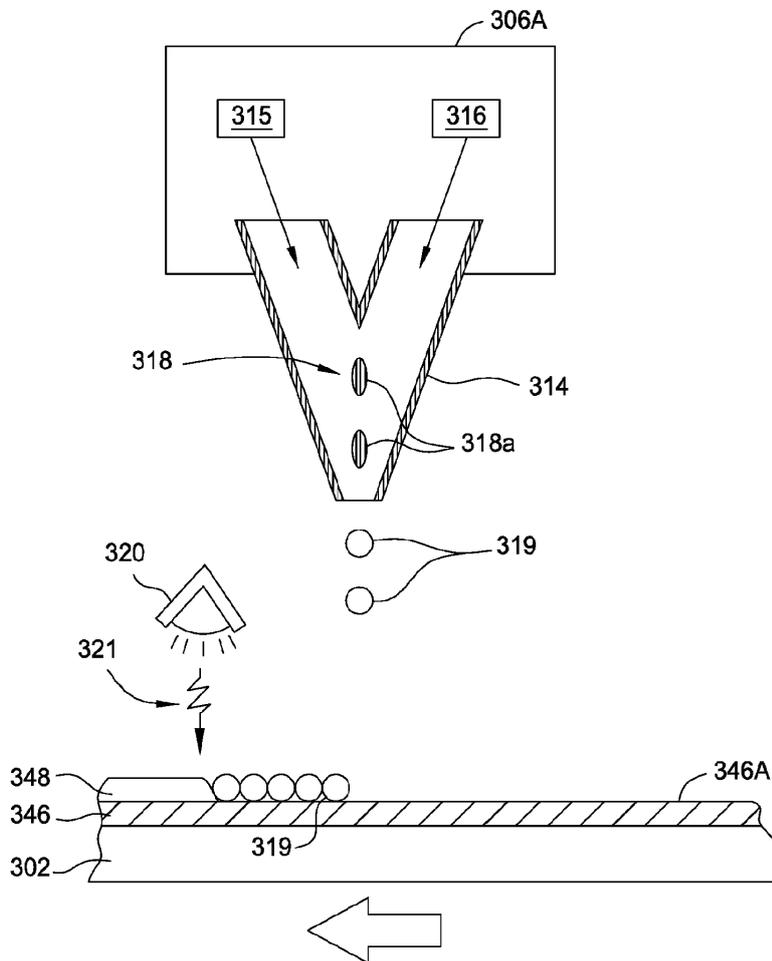
도면3b



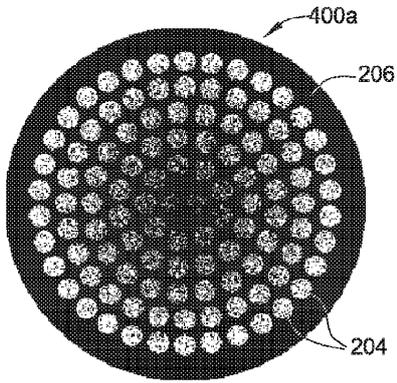
도면3c



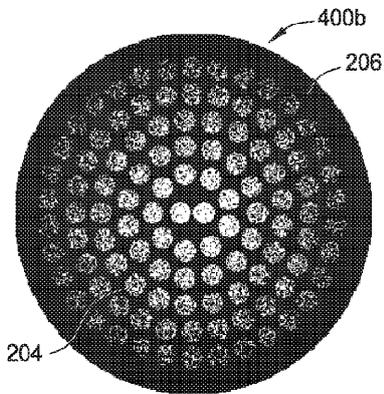
도면3d



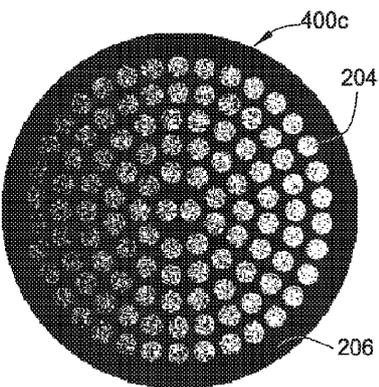
도면4a



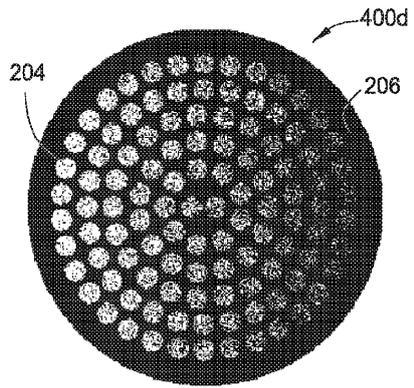
도면4b



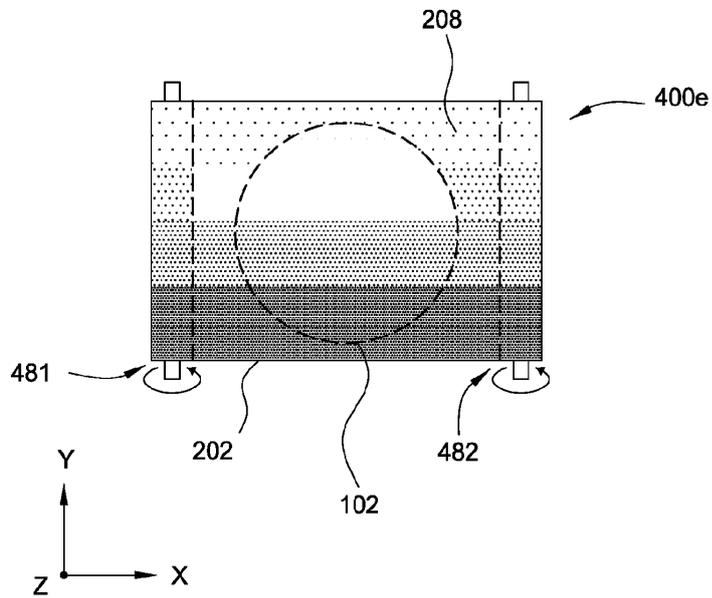
도면4c



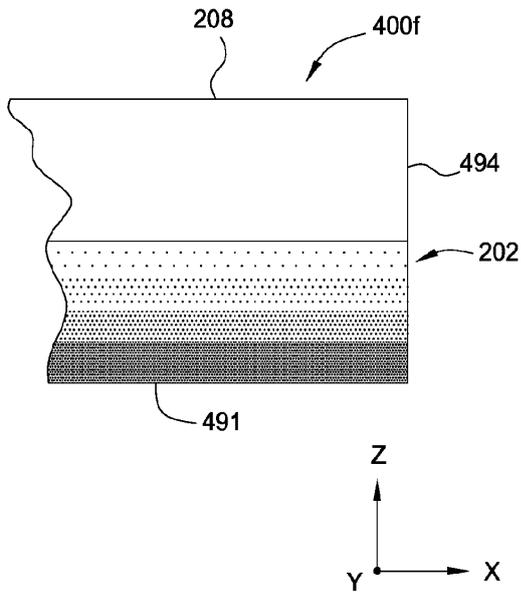
도면4d



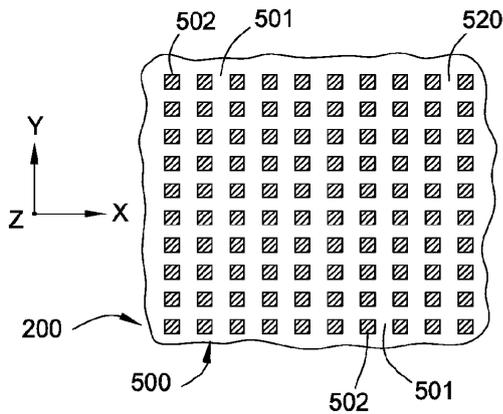
도면4e



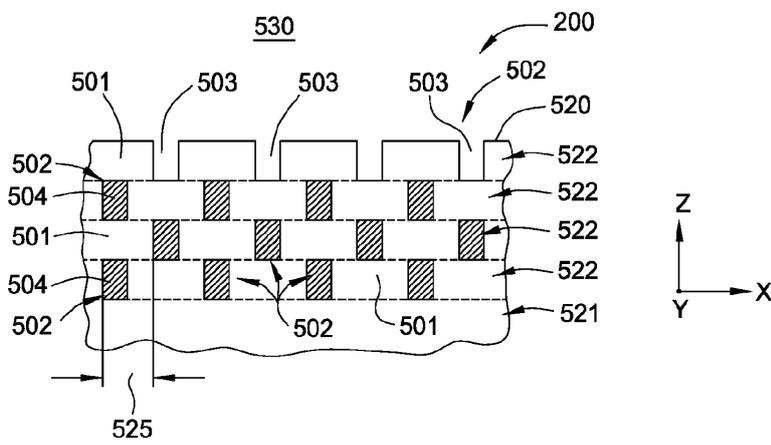
도면4f



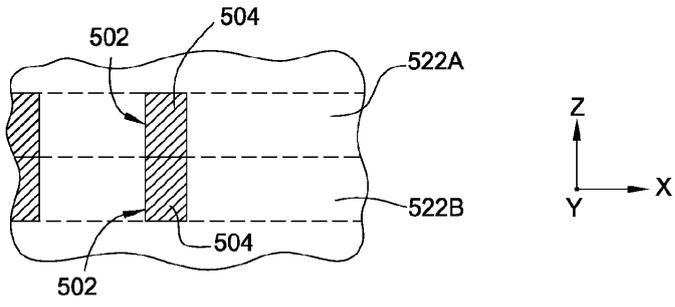
도면5a



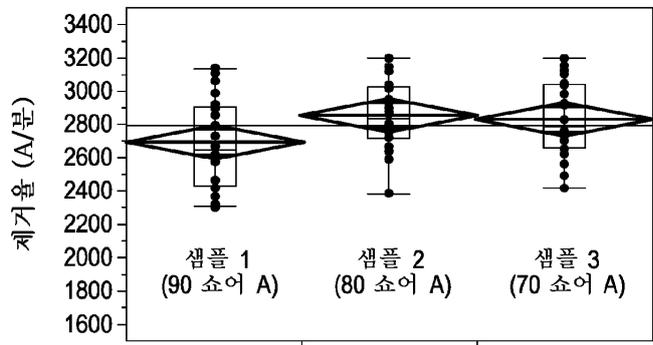
도면5b



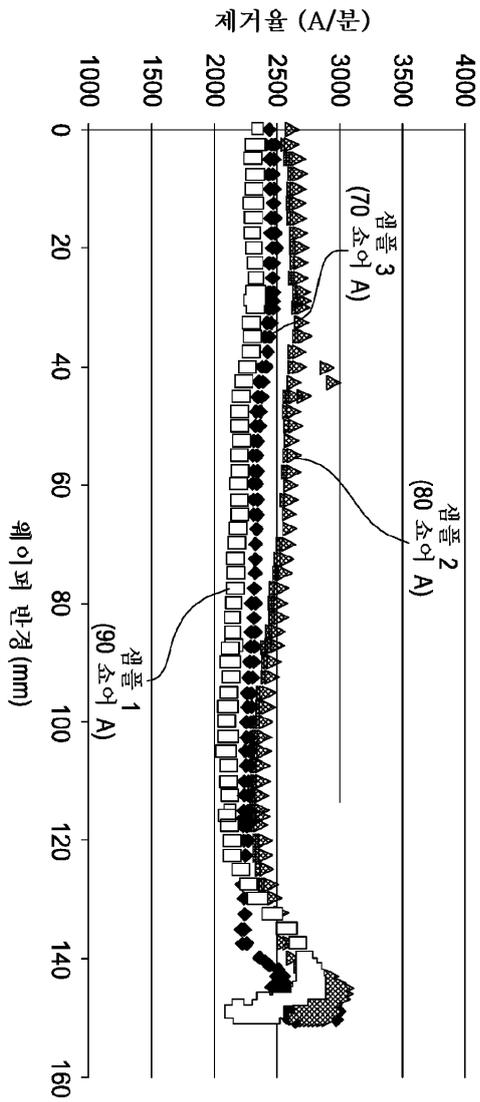
도면5c



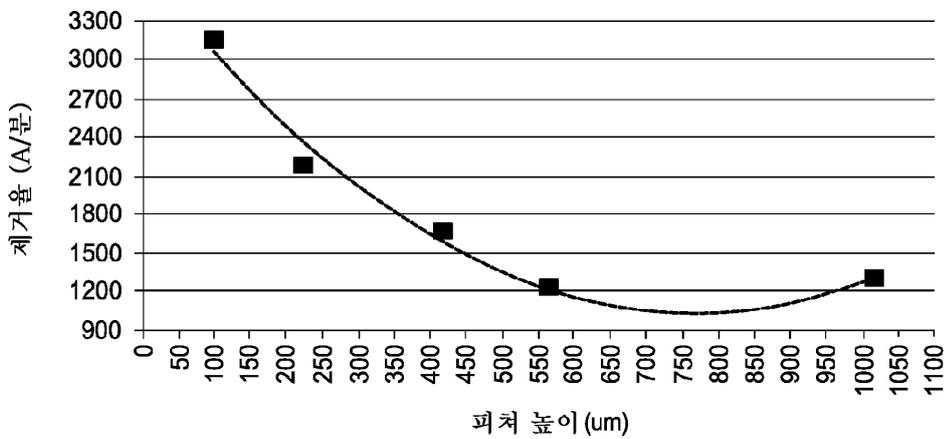
도면6a



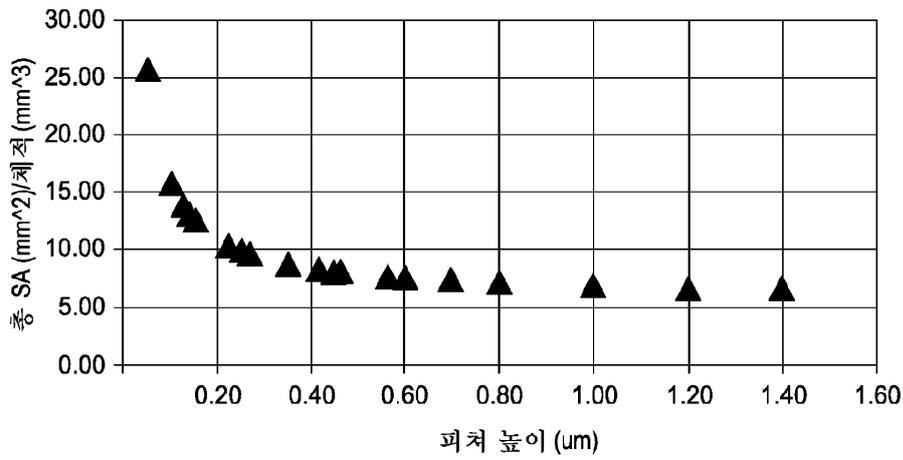
도면6b



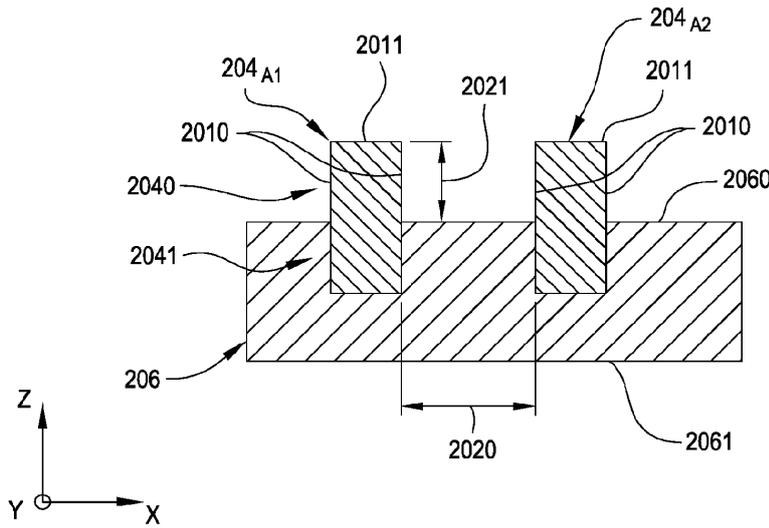
도면6c



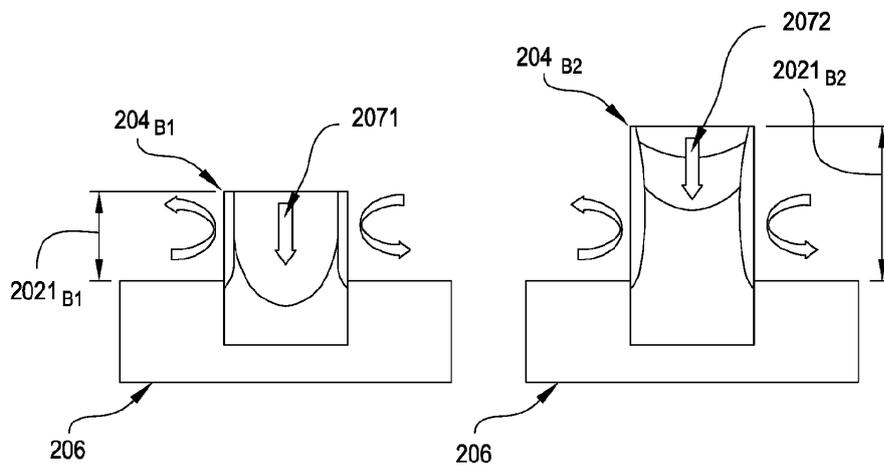
도면6d



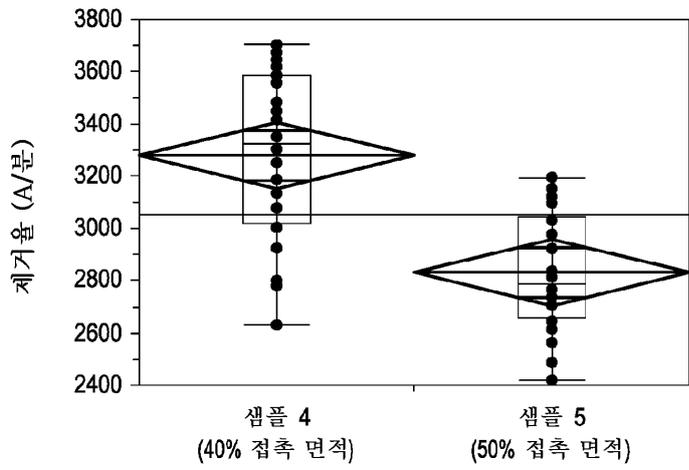
도면6e



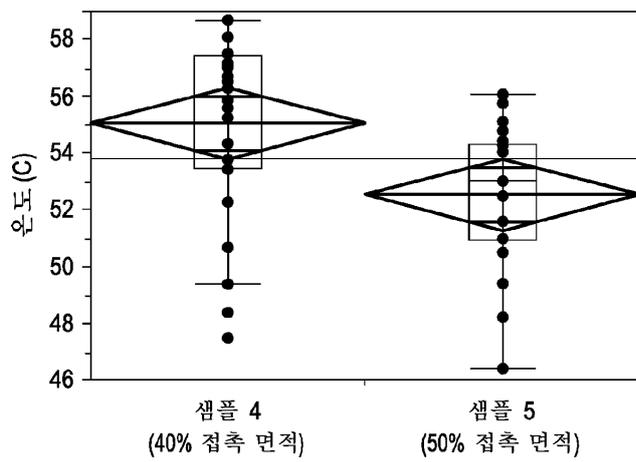
도면6f



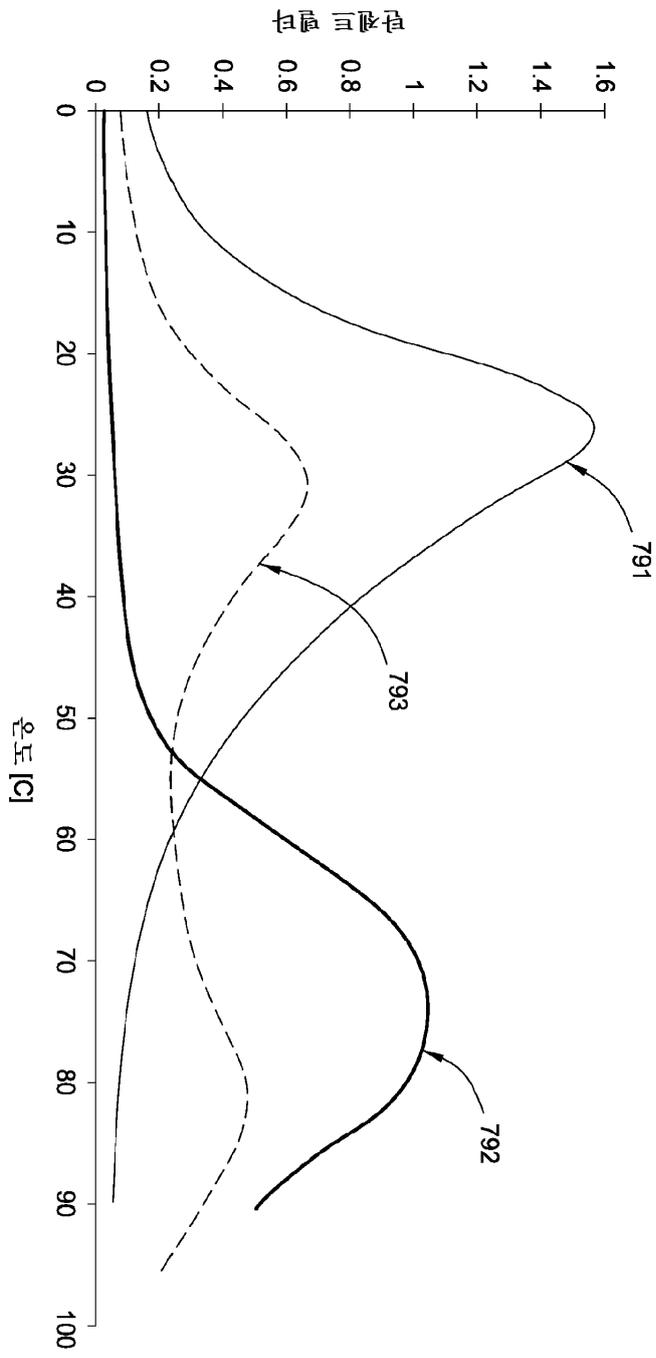
도면6g



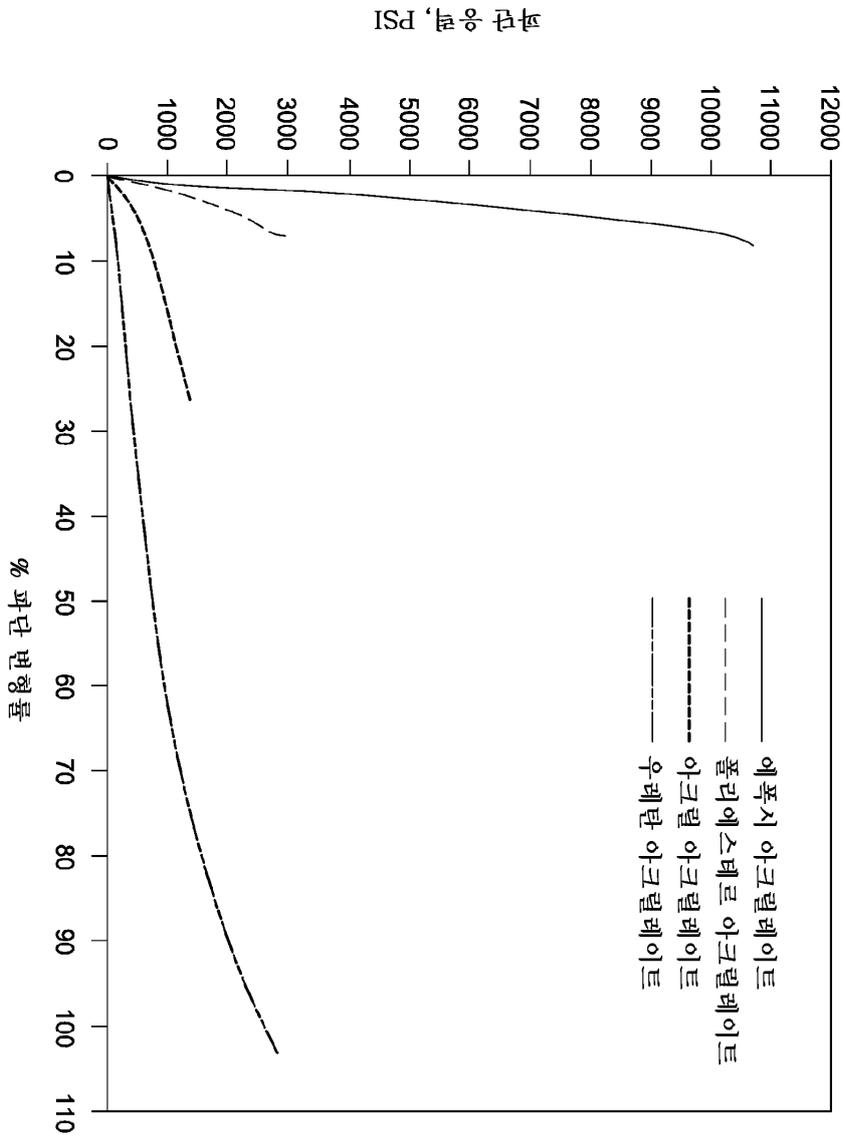
도면6h



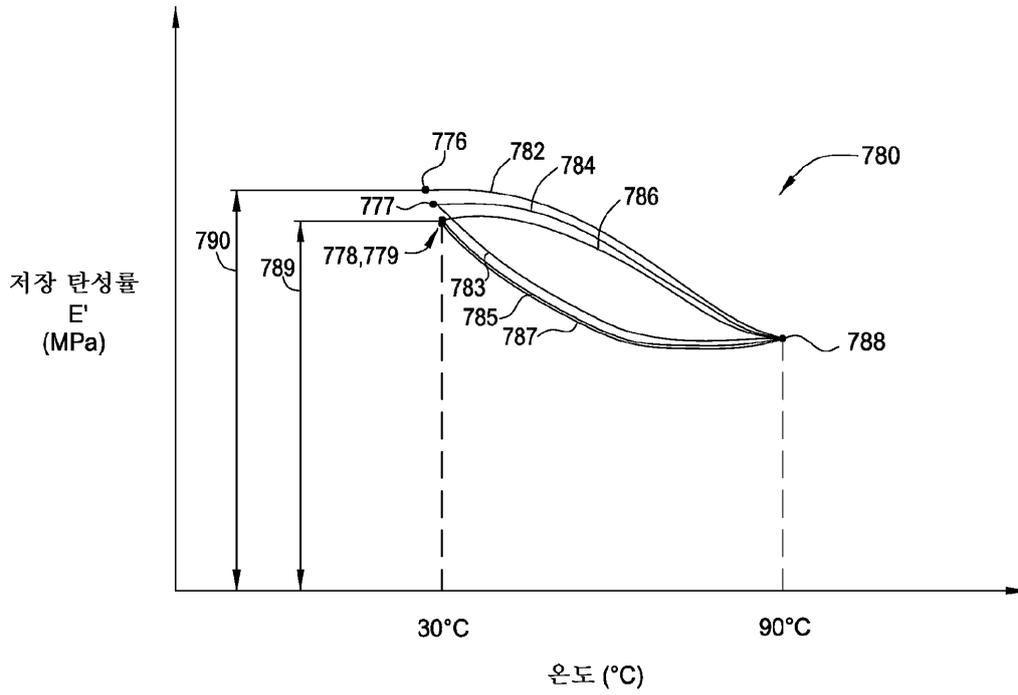
도면7a



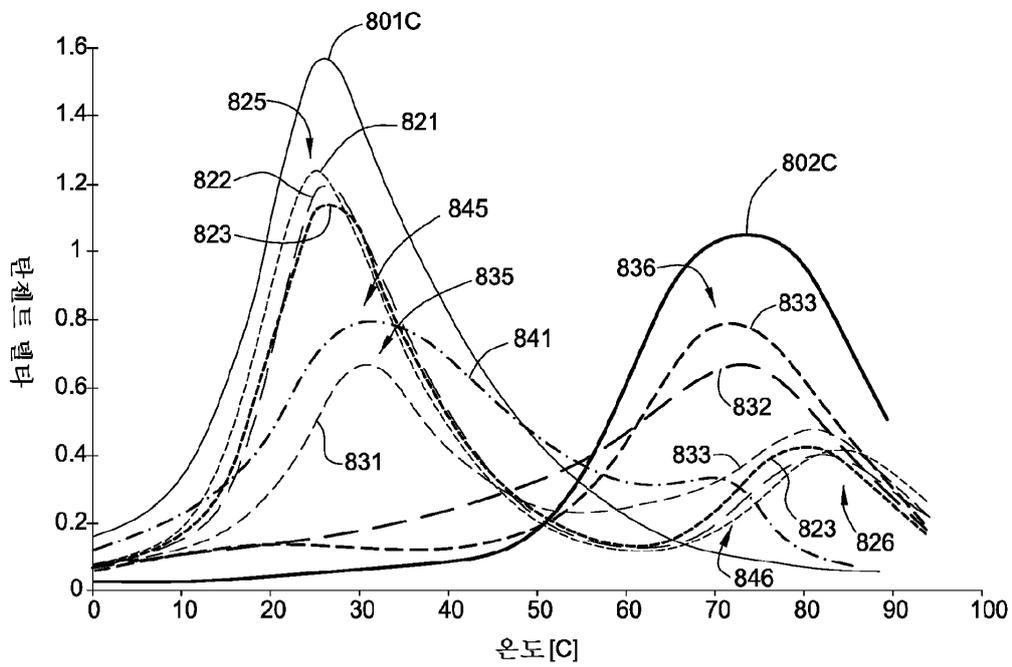
도면 7b



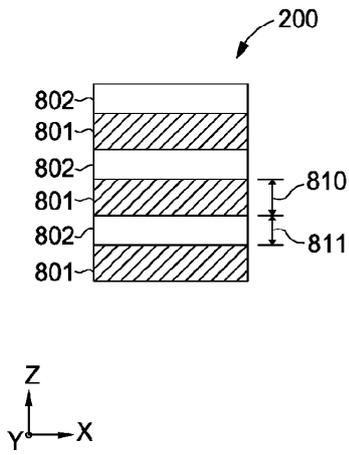
도면7c



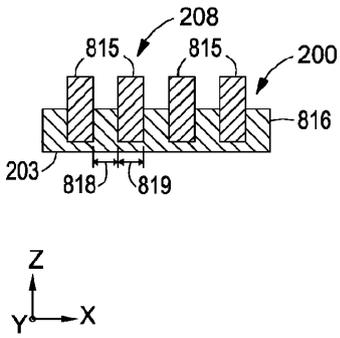
도면8a



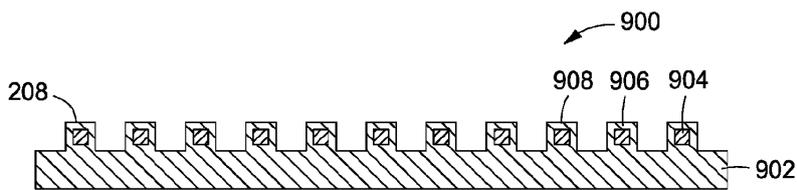
도면8b



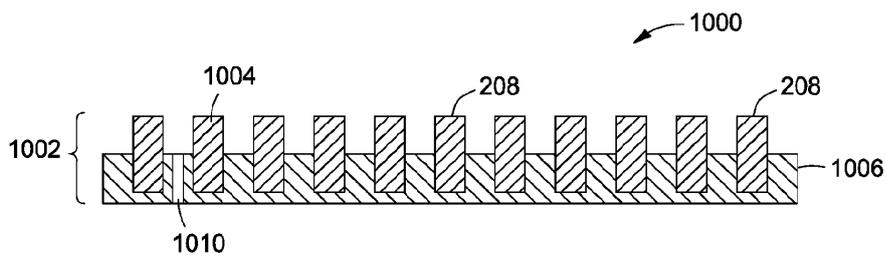
도면8c



도면9



도면10



도면11

