(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년02월19일
(11) 등록번호 10-1950040
(24) 등록일자 2019년02월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/304 (2006.01) *B24B 37/04* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0089274
(22) 출원일자 2012년08월16일
심사청구일자 2017년08월02일
(65) 공개번호 10-2013-0020588
(43) 공개일자 2013년02월27일
(30) 우선권주장
13/210,432 2011년08월16일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US05578362 A
US20090053976 A1
US20100068322 A1

(73) 특허권자
롬 앤드 하스 일렉트로닉 머티리얼스 씨엠피 홀딩스, 인코포레이티드
미국 19713 델라웨어주 뉴워크 벨레뷰 로드 451
(72) 발명자
맥휴 캐쓸린
미국 19702 델라웨어주 뉴아크 프리크니스 런 455
머네인 제임스 티
미국 19428 펜실베이니아주 컨쇼호켄 뉴 엘름 스트리트 472
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
장수길, 김영

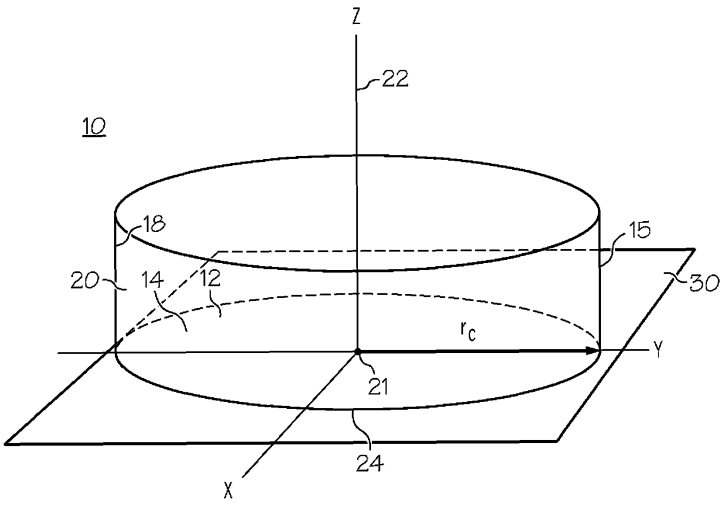
전체 청구항 수 : 총 11 항 심사관 : 오순영

(54) 발명의 명칭 **화학기계 연마층의 제조 방법**

(57) 요 약

연마층의 밀도 결함의 형성이 최소화되는 화학기계 연마 패드용 연마층의 제조 방법이 제공된다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

매클레인 조지 에이치

미국 19709 델라웨어주 미들타운 슈거 파인 드라이브 257

허트 듀런 에이

미국 19801 델라웨어주 윌밍턴 테일러 스트리트 506

브래디 로버트 에이

미국 19320 펜실베이니아주 코테스빌 하비스 브리지 로드 631

영 크리스토퍼 에이

미국 19702 델라웨어주 뉴아크 와이드플라워 서클 4

밀러 제프리 비

미국 19382 펜실베이니아주 웨스트 체스터 레드 호크 트레일 2

명 세 서

청구범위

청구항 1

화학기계 연마 패드용 연마층의 형성 방법이며,

주형 기부 및 주위 벽을 가지는 주형을 제공하고 - 주형 기부 및 주위 벽은 주형 공동을 형성하고, 주형 기부는 x-y 평면을 따라 배향되며, 주형 공동은 x-y 평면에 수직인 중심축 C_{axis}를 가지며, 주형 공동은 도넛 홀(doughnut hole) 영역 및 도넛(doughnut) 영역을 가짐 -;

액상 예비중합체 물질을 제공하고;

복수의 미세요소(microelement)를 제공하고;

노즐 개구가 있는 노즐을 제공하고;

액상 예비중합체 물질을 복수의 미세요소와 배합하여 경화성 혼합물을 형성하고;

경화성 혼합물을 노즐 개구를 통해 충전 기간 CP 동안 주형 공동에 충전하고 - 충전 기간 CP는 초기 국면, 이행 국면, 및 잔여 국면으로서 식별되는 3개의 분리된 국면으로 구분되며;

노즐 개구는 위치를 가지며, 노즐 개구의 위치는 충전 기간 CP 동안 주형 공동의 중심축 C_{axis}를 따라 주형 기부에 대해 이동하여, 경화성 혼합물이 주형 공동 내에 쌓임에 따라 주형 공동 내의 경화성 혼합물의 상부 표면 위로 노즐 개구의 위치를 유지하고;

노즐 개구의 위치는 초기 국면 내내 도넛 홀 영역 내에 있으며;

노즐 개구의 위치는 이행 국면 동안 도넛 홀 영역 내에 있는 것으로부터 도넛 영역 내에 있는 것으로 이행하고;

노즐 개구의 위치는 잔여 국면 동안 도넛 영역 내에 있으며;

주형 공동은 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 대해 대칭이고;

주형 공동은 원형인 단면 C_{x-sect}를 가지는 직원기둥 형상 영역에 근사하고; 주형 공동은 주형 공동의 중심축 C_{axis}와 일치하는 대칭축 C_{x-sym}을 가지고; 직원기둥 형상 영역은 하기와 같이 정의되는 단면적 C_{x-area}를 가지며:

$$C_{x-area}=\pi r_C^2,$$

r_C는 x-y 평면 상에 투영된 주형 공동의 단면적 C_{x-area}의 평균 반경이고; 도넛 홀 영역은 x-y 평면 상에 원형 단면 DH_{x-sect}를 투영하며 대칭축 DH_{axis}를 가지는 주형 공동 내의 직원기둥 형상 영역이며; 도넛 홀은 하기와 같이 정의되는 단면적 DH_{x-area}를 가지며:

$$DH_{x-area}=\pi r_{DH}^2,$$

r_{DH}는 도넛 홀 영역의 원형 단면 DH_{x-sect}의 반경이며; 도넛 영역은 x-y 평면 상에 환형 단면 D_{x-sect}를 투영하고 도넛 영역 대칭축 D_{axis}를 가지는 주형 공동 내의 환상체(toroid)형 영역이며; 환형 단면 D_{x-sect}는 하기와 같이 정의되는 단면적 D_{x-area}를 가지며:

$$D_{x-area}=\pi R_D^2-\pi r_D^2,$$

R_D는 도넛 영역의 환형 단면 D_{x-sect}의 큰 반경이고; r_D는 도넛 영역의 환형 단면 D_{x-sect}의 작은 반경이며;

$r_D \geq r_{DH}$이고; $R_D > r_D$이고; $R_D < r_C$이며; C_{x-sym}, DH_{axis} 및 D_{axis}는 각각 x-y 평면에 수직임 -;

주형 공동 내의 경화성 혼합물을 케이크(cake)로 경화시키고;

케이크로부터 연마층을 얻는 것

을 포함하는 화학기계 연마 패드용 연마층의 형성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 주형 기부는 주형 공동의 수평 내부 경계를 형성하고, 수평 내부 경계는 평평한 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 노즐 개구 위치의 이동은 잔여 국면 동안 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 대한 그의 이동을 잠시 멈추는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 주형 공동은 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 대해 대칭인 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, $R_D \leq (K*r_C)$이고, K는 0.01 내지 0.2인 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, $r_D = r_{DH}$이고; r_D는 5 내지 25 mm이고; R_D는 20 내지 100 mm이고; r_C는 20 내지 100 cm인 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 케이크로부터 연마층을 얻는 것은 케이크를 복수의 연마층으로 스카이빙(skiving)하는 것을 포함하는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 경화성 혼합물은 충전 기간 CP에 걸쳐 0.08 내지 0.4 kg/sec의 평균 충전 속도 CR_{avg}로 일정한 속도로 주형 공동에 충전되는, 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 노즐 개구의 위치는 이행 국면 동안 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 대해 10 내지 70 mm/sec의 평균 속력으로 이동하고;

노즐 개구의 위치는 잔여 국면 동안 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 대해 10 내지 70 mm/sec의 평균 속력으로 이동하는, 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 잔여 국면 동안 노즐 개구의 위치는 잔여 국면 시작점 SP_{RP}로부터 복수의 잔여 국면 이행점 TP_{RP}를 통해 이동하며;

잔여 국면 동안 잔여 국면 경로는 x-y 평면 상에 일련의 연결된 선을 투영하고;

복수의 잔여 국면 이행점 TP_{RP}는 모두 주형 공동의 도넛 영역 내에 위치하고;

일련의 연결된 선들은 주형 공동의 중심축 C_{axis}로부터 거리가 변하는 2차원 나선 또는 원에 근사하는, 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 이행 국면은 0.2 내지 5 초 길이이고;

잔여 국면은 30 내지 <(CP-0.2) 초 길이이고;

노즐 개구의 위치는 이행 국면 동안 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 대해 20 내지 30 mm/sec의 평균 속력으로 이동하고;

노즐 개구의 위치는 잔여 국면 동안 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 대해 20 내지 30 mm/sec의 평균 속력으로 이동하는, 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 일반적으로 연마층의 제조 분야에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 화학기계 연마 패드용 연마층의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 집적 회로 및 기타 전자 장치의 제조 시에는, 다수의 전도성, 반전도성 및 유전체성 물질의 층을 반도체 웨이퍼 표면 상에 퇴적하거나 제거한다. 전도성, 반전도성 및 유전체성 물질의 박층은 다수의 퇴적 기술에 의해 퇴적될 수 있다. 최신 가공에서 통상적인 퇴적 기술로는 물리 증착(PVD; 스퍼터링으로도 공지됨), 화학 증착(CVD), 플라즈마 화학 증착(PECVD) 및 전기화학 도금(ECP)이 있다.

[0003] 물질의 층들을 순차적으로 퇴적하고 제거함에 따라 웨이퍼의 최상위 표면은 비평면이 된다. 후속 반도체 가공(예: 금속화)에서는 웨이퍼가 평평한 표면을 가져야 하기 때문에, 웨이퍼는 평탄화될 필요가 있다. 평탄화는 바람직하지 않은 표면 지형 및 표면 결함, 예를 들면 거친 표면, 응집된 물질, 결정 격자 손상, 스크래치, 및 오염된 층 또는 물질을 제거하는 데에 유용하다.

[0004] 화학기계 평탄화, 또는 화학기계 연마(CMP)는 반도체 웨이퍼와 같은 기판의 평탄화에 사용되는 흔한 기술이다. 통상의 CMP에서는 웨이퍼를 캐리어 어셈블리 상에 장착하고 CMP 장치의 연마 패드와 접촉하게 위치시킨다. 캐리어 어셈블리는 조정 가능한 압력을 웨이퍼에 제공하여, 웨이퍼를 연마 패드에 압박한다. 패드는 외부 구동력에 의해 웨이퍼에 대해 이동(예: 회전)한다. 그와 동시에 화학 조성물("슬러리") 또는 기타 연마 용액이 웨이퍼와 연마 패드 사이에 제공된다. 따라서, 웨이퍼 표면은 패드 표면 및 슬러리의 화학적 및 기계적 작용에 의해 연마 및 평탄화된다.

[0005] 라인하르트(Reinhardt) 등의 미국 특허 제5,578,362호에는 당 업계에 공지된 예시적인 연마 패드가 개시되어 있다. 라인하르트의 연마 패드는 미소구체(microsphere)가 내부 전체에 분산되어 있는 중합체 매트릭스를 포함한다. 일반적으로, 미소구체는 액상 중합체 물질과 블렌딩 및 혼합되고 주형에 이송되어 경화된다. 당 업계의 통상적 지식은 이송 공정 동안 주형 공동의 내용물에 부여되는 동요를 최소화하는 것이다. 이 결과를 얻기 위해, 경화성 물질을 주형 공동에 가하는 노즐 개구의 위치는 통상적으로 주형 공동의 단면에 대해 중앙에 그리고 경화성 물질이 주형 공동 내에 쌓일 때 경화성 물질의 상부 표면에 대해 가능한 한 움직이지 않는 상태이도록 유지된다. 따라서, 노즐 개구의 위치는 통상적으로 이송 공정 내내 주형 공동 내의 경화성 물질의 상부 표면 위로 설정된 고도를 유지하도록 한 차원으로만 이동한다. 이어서, 성형된 물품을 얇게 잘라 연마층을 형성한다. 불행하게도, 이 방식으로 형성된 연마층은 원치 않는 결함(예: 밀도 결함)을 나타낼 수 있다.

[0006] 밀도 결함은 연마층 물질의 벌크 밀도의 변화로서 나타난다. 달리 말해, 보다 낮은 충전제(예: 라인하르트 연마층의 미소구체) 농도를 가지는 영역들이다. 밀도 결함은, 연마층들간 및 단일 연마층 내에서 예측 불가능하며 아마도 해로운 유효 수명에 걸친 연마 성능 변화를 유발할 수 있다고 생각되므로 바람직하지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 그럼에도, 원치 않는 밀도 결함의 형성이 더욱 최소화되거나 제거된 화학기계 연마 패드용 연마층의 개선된 제조 방법에 대한 지속적인 요구가 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은 주형 기부 및 주위 벽을 가지는 주형을 제공하고 - 주형 기부 및 주위 벽은 주형 공동을 형성하고, 주형 기부는 x-y 평면을 따라 배향되며, 주형 공동은 x-y 평면에 수직인 중심축 C_{axis}를 가지며, 주형 공동은 도넛 홀(doughnut hole) 영역 및 도넛(doughnut) 영역을 가짐 -; 액상 예비중합체 물질을 제공하고; 복수의 미세요소를 제공하고; 노즐 개구가 있는 노즐을 제공하고; 액상 예비중합체 물질을 복수의 미세요소와 배합하여 경화성 혼합물을 형성하고; 경화성 혼합물을 노즐 개구를 통해 충전 기간 CP 동안 주형 공동에 충전하고 - 충전 기간 CP는 초기 국면, 이행(transition) 국면, 및 잔여 국면으로서 식별되는 3개의 분리된 국면으로 구분되며; 노즐 개구는 위치를 가지며, 노즐 개구의 위치는 충전 기간 CP 동안 주형 공동의 중심축 C_{axis}를 따라 주형 기부에 대해 이동하여, 경화성 혼합물이 주형 공동 내에 쌓임에 따라 주형 공동 내의 경화성 혼합물의 상부 표면 위로 노즐 개구의 위치를 유지하고; 노즐 개구의 위치는 초기 국면 내내 도넛 홀 영역 내에 있으며; 노즐 개구의 위치는 이행 국면 동안 도넛 홀 영역 내에 있는 것으로부터 도넛 영역 내에 있는 것으로 이행하고; 노즐 개구의 위치는 잔여 국면 동안 도넛 영역 내에 있음 -; 주형 공동 내의 경화성 혼합물을 케이크(cake)로 경화시키고; 케이크로부터 연마층을 얻는 것을 포함하는 화학기계 연마 패드용 연마층의 형성 방법을 제공한다.

[0009] 본 발명은 또한 주형 기부 및 주위 벽을 가지는 주형을 제공하고 - 주형 기부 및 주위 벽은 주형 공동을 형성하고, 주형 기부는 x-y 평면을 따라 배향되며, 주형 공동은 x-y 평면에 수직인 중심축 C_{axis}를 가지며, 주형 공동은 도넛 홀 영역 및 도넛 영역을 가짐 -; 액상 예비중합체 물질을 제공하고; 복수의 미세요소를 제공하고; 노즐 개구가 있는 노즐을 제공하고; 액상 예비중합체 물질을 복수의 미세요소와 배합하여 경화성 혼합물을 형성하고; 경화성 혼합물을 노즐 개구를 통해 충전 기간 CP 동안 주형 공동에 충전하고 - 충전 기간 CP는 초기 국면, 이행 국면, 및 잔여 국면으로서 식별되는 3개의 분리된 국면으로 구분되며; 노즐 개구는 위치를 가지며, 노즐 개구의 위치는 충전 기간 CP 동안 주형 공동의 중심축 C_{axis}를 따라 주형 기부에 대해 이동하여, 경화성 혼합물이 주형 공동 내에 쌓임에 따라 주형 공동 내의 경화성 혼합물의 상부 표면 위로 노즐 개구의 위치를 유지하고; 노즐 개구의 위치는 초기 국면 내내 도넛 홀 영역 내에 있으며; 노즐 개구의 위치는 이행 국면 동안 도넛 홀 영역 내에 있는 것으로부터 도넛 영역 내에 있는 것으로 이행하고; 노즐 개구의 위치는 잔여 국면 동안 도넛 영역 내에 있음 -; 주형 공동 내의 경화성 혼합물을 케이크로 경화시키고; 케이크로부터 연마층을 얻는 것을 포함하며; 주형 공동은 실질적으로 원형인 단면 C_{x-sect}를 가지는 직원기둥 형상 영역에 근사하고; 주형 공동은 주형 공동의 중심축 C_{axis}와 일치하는 대칭축 C_{x-sym}을 가지고; 직원기둥 형상 영역은 하기와 같이 정의되는 단면적 C_{x-area}를 가지며:

[0010] $$C_{x-area} = \pi r_C^2,$$

[0011] r_C는 x-y 평면 상에 투영된 주형 공동의 단면적 C_{x-area}의 평균 반경이고; 도넛 홀 영역은 x-y 평면 상에 원형 단면 DH_{x-sect}를 투영하며 대칭축 DH_{axis}를 가지는 주형 공동 내의 직원기둥 형상 영역이며; 도넛 홀은 하기와 같이 정의되는 단면적 DH_{x-area}를 가지며:

[0012] $$DH_{x-area} = \pi r_{DH}^2,$$

[0013] r_{DH}는 도넛 홀 영역의 원형 단면 DH_{x-sect}의 반경이며; 도넛 영역은 x-y 평면 상에 환형 단면 D_{x-sect}을 투영하고 도넛 영역 대칭축 D_{axis}를 가지는 주형 공동 내의 환상체(toroid)형 영역이며; 환형 단면 D_{x-sect}는 하기와 같이 정의되는 단면적 D_{x-area}를 가지며:

[0014] $$D_{x-area} = \pi R_D^2 - \pi r_D^2,$$

[0015] R_D는 도넛 영역의 환형 단면 D_{x-sect}의 큰 반경이고; r_D는 도넛 영역의 환형 단면 D_{x-sect}의 작은 반경이며; $r_D \geq r_{DH}$이고; $R_D > r_D$이고; $R_D < r_C$이며; C_{x-sym}, DH_{axis} 및 D_{axis}는 각각 x-y 평면에 수직이고; 경화성 혼합물은 충전 기간 CP 동안 0.015 내지 2 kg/sec의 평균 충전 속도 CR_{avg}로 본질적으로 일정한 속도로 주형 공동에 충전되고; $r_D = r_{DH}$이고; r_D는 5 내지 25 mm이고; R_D는 20 내지 100 mm이고; r_C는 20 내지 100 cm인 화학기계 연마 패드용 연마층의 형성 방법을 제공하며; 본 발명의 방법을 사용하여 제조된 케이크는, 충전 기간 CP 내내 노즐 개구의 위치가 주

형 공동의 중심축 C_{axis}를 따라 단지 한 차원으로만 이동한 것 이외에는 동일한 방법을 사용하여 제조한 다른 케이크에 비해 더 적은 밀도 결함을 함유한다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 실질적으로 원형 단면을 가지는 주형 공동을 가지는 주형의 상측면 투시도이다.

도 2는 실질적으로 원형 단면을 가지는 주형 공동을 가지는 주형의 상측면 투시도이며, 주형 공동 내에 도넛 홀 영역 및 도넛 영역을 도시한다.

도 3은 도 2에 도시된 도넛 홀 및 도넛 영역의 평면도이다.

도 4a는 주형 공동 내에 노즐이 배치되어 있고 주형 공동이 경화성 혼합물로 부분적으로 충전된, 실질적으로 원형 단면을 가지는 주형 공동의 상측면 투시도이다.

도 4b는 도 4a에 도시된 주형 공동의 정면도이다.

도 5a는 도넛 홀 영역 및 도넛 영역을 가지는 실질적으로 원형인 단면을 가지는 주형 공동의 상측면 투시도이며, 다수의 예시적인 초기 국면 및 이행 국면 경로를 도시한다.

도 5b는 도 5a에 도시된 주형 공동의 정면도이다.

도 5c는 도 5a에 도시된 주형 공동의 평면도이며, 도 5a에 도시된 초기 국면 및 이행 국면 경로의 x-y 평면 상으로의 투영을 나타낸다.

도 6a는 도넛 홀 영역 및 도넛 영역을 가지는 실질적으로 원형인 단면을 가지는 주형 공동의 상측면 투시도이며, 예시적인 잔여 국면 경로를 도시한다.

도 6b는 도 6a에 도시된 주형 공동의 정면도이다.

도 6c는 도 6a에 도시된 주형 공동의 평면도이며, 도 6a에 도시된 잔여 국면 경로의 x-y 평면 상으로의 투영을 나타낸다.

도 7a는 원형 노즐 개구의 평면도이다.

도 7b는 비형원 노즐 개구의 평면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 놀랍게도, 화학기계 연마 패드용 연마층의 제조에 있어서, 경화성 혼합물을 주형 공동 내에 충전하는 동안 경화성 혼합물을 주형 공동에 충전하는 노즐 개구의 위치가 주형 공동의 중심축 C_{axis}를 따라서 뿐 아니라 그에 대해 3차원으로 이동하는 것이, 노즐 개구의 위치가 주형 공동의 중심축 C_{axis}를 따라 한 차원으로만 이동하는 동일 방법에 의해 제조된 것에 비해 생성되는 연마층의 밀도 결함 발생을 현저히 감소시킨다는 것을 발견하였다.

[0018] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 "충전 기간 또는 CP"는 경화성 물질이 최초로 주형 공동에 도입되는 순간부터 마지막 경화성 물질이 주형 공동에 도입되는 순간까지, 경화성 물질이 주형 공동에 충전되는 데에 걸리는 시간(초)을 의미한다.

[0019] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 "충전 속도 또는 CR"은 충전 기간 CP(초 단위) 동안 경화성 물질이 주형 공동에 충전되는 질량 유속(kg/sec 단위)을 의미한다.

[0020] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 "초기 국면 시작점 또는 SP_{IP}"는 충전 기간의 초기 국면이 시작될 때 - 충전 기간의 시작과 일치함 - 의 노즐 개구 위치를 의미한다.

[0021] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 "초기 국면 종료점 또는 EP_{IP}"은 충전 기간의 이행 국면이 시작되기 직전, 충전 기간의 초기 국면이 종료될 때 노즐 개구의 위치를 의미한다.

[0022] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 "초기 국면 경로"는 초기 국면 시작점 SP_{IP}로부터 초기 국면 종료점 EP_{IP}까지 충전 기간의 초기 국면 동안 노즐 개구 위치의 이동 경로(있을 경우)를 의미한다.

[0023] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 "이행 국면 시작점 또는 SP_{TP}"는 충전 기간의 이행 국면이 시작될 때

의 노즐 개구 위치를 의미한다. 전이 국점 시작점 SP_{TP} 및 초기 국점 종료점 EP_{IP}는 동일 위치이다.

[0024] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 "이행 국면 이행점(들) 또는 TP_{TP}"는 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 대한 노즐 개구 위치의 이동 방향(즉, x 및 y 차원으로의 이동 방향)이 변하는, 충전 기간의 이행 국면 동안의 노즐 개구 위치(들)을 의미한다.

[0025] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 "이행 국면 종료점 또는 EP_{TP}"는 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 대한 노즐 개구 위치의 이동 방향이 변하는, 주형 공동의 도넛 영역 내의 노즐 개구의 최초 위치를 의미한다. 이행 국면 종료점 EP_{TP}는 또한 충전 기간의 잔여 국면 직전, 충전 기간의 이행 국면이 종료될 때의 노즐 개구의 위치이다.

[0026] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 "이행 국면 경로"는 이행 국면 시작점 SP_{TP}로부터 이행 국면 종료점 EP_{TP}까지 충전 기간의 이행 국면 동안 노즐 개구의 위치가 취하는 경로를 의미한다.

[0027] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 "전여 국면 시작점 또는 SP_{RP}"는 충전 기간의 잔여 국면이 시작될 때의 노즐 개구 위치를 의미한다. 잔여 국면 시작점 SP_{RP} 및 이행 국면 종료점 EP_{TP}는 동일 위치이다.

[0028] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 "잔여 국면 이행점 또는 TP_{RP}"는 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 대한 노즐 개구 위치의 이동 방향이 변하는, 충전 기간의 잔여 국면 동안 노즐 개구의 위치를 의미한다.

[0029] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 "잔여 국면 종료점 또는 EP_{RP}"는 충전 기간의 잔여 국면이 종료될 때 - 충전 기간의 종료와 일치함 - 의 노즐 개구 위치를 의미한다.

[0030] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 "잔여 국면 경로"는 잔여 국면 시작점 SP_{RP}로부터 잔여 국면 종료점 EP_{RP}까지 충전 기간이 잔여 국면 동안 노즐 개구의 위치가 취하는 경로를 의미한다.

[0031] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 "폴리(우레탄)"이라는 용어는 (a) (i) 이소시아네이트와 (ii) 폴리올(디올 포함)의 반응으로부터 형성된 폴리우레탄; 및 (b) (i) 이소시아네이트와 (ii) 폴리올(디올 포함)과 (iii) 물, 아민, 또는 물과 아민의 조합의 반응으로부터 형성된 폴리(우레탄)을 포괄한다.

[0032] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에서 충전 기간 동안 경화성 혼합물의 충전 속도와 관련하여 사용되는 "본질적으로 일정한"이라는 용어는 하기 표현이 둘 다 충족되는 것을 의미한다:

[0033] $CR_{max} \leq (1.1*CR_{avg})$

[0034] $CR_{min} \geq (0.9*CR_{avg})$

[0035] CR_{max}는 충전 기간 동안 경화성 물질이 주형 공동에 충전되는 최대 질량 유속(kg/sec 단위)이고; CR_{min}은 충전 기간 동안 경화성 물질이 주형 공동에 충전되는 최소 질량 유속(kg/sec 단위)이고; CR_{avg}는 충전 기간 동안 주형 공동에 충전되는 경화성 물질의 총 질량(kg 단위)를 충전 기간의 길이(초 단위)로 나눈 것이다.

[0036] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에서 경화성 물질과 관련하여 사용되는 "겔 시간"이라는 용어는 ASTM D3795-00a (Reapproved 2006)(*Standard Test Method for Thermal Flow, Cure, and Behavior Properties of Pourable Thermosetting Materials by Torque Rheometer*)에 따른 표준 시험법을 사용하여 측정된 그 혼합물의 총 경화 시간을 의미한다.

[0037] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에서 주형 공동(20)과 관련하여 사용되는 "실질적으로 원형인 단면"이라는 용어는 주형 공동의 중심축 C_{axis}(22)로부터 주위 벽(15)의 수직 내부 경계(18)까지 x-y 평면(30) 상에 투영된 주형 공동(20)의 최대 반경 r_C가, 주형 공동의 중심축 C_{axis}(22)로부터 수직 내부 경계(18)까지 x-y 평면(30) 상에 투영된 주형 공동(20)의 최소 반경 r_C보다 20% 이하 더 긴 것을 의미한다. (도 1 참조).

[0038] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 "주형 공동"이라는 용어는 주형 기부(12)의 수평 내부 경계(14)와 주위 벽(15)의 수직 내부 경계(18)에 의해 형성되는 부피를 의미한다. (도 1 내지 2 참조).

[0039] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에서 제1 특징부(예: 수평 내부 경계; 수직 내부 경계)와 제2 특징부(예: 축, x-y

평면)의 관계와 관련하여 사용되는 "실질적으로 수직"이라는 용어는 제1 특징부가 제2 특징부에 대해 80 내지 100° 의 각을 이룸을 의미한다.

[0040] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에서 제1 특징부(예: 수평 내부 경계; 수직 내부 경계)와 제2 특징부(예: 축, x-y 평면)의 관계와 관련하여 사용되는 "본질적으로 수직"이라는 용어는 제1 특징부가 제2 특징부에 대해 85 내지 95° 의 각을 이룸을 의미한다.

[0041] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 "밀도 결함"이라는 용어는 연마층의 나머지에 비해 현저히 감소된 충전제 농도를 가지는 연마층의 영역을 의미한다. 밀도 결함은 연마층을 광 테이블 상에 놓았을 때 육안으로 시작적으로 검출 가능하며, 이때 밀도 결함은 연마층의 나머지에 비해 뚜렷이 더 높은 투명도를 가지는 영역으로서 나타난다.

[0042] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에서 노즐 개구와 관련하여 사용되는 "노즐 개구 반경 또는 r_{NO}"라는 용어는 노즐 개구를 완전히 가릴 수 있는 최소 원 SC의 반경 r_{SC}를 의미한다. 즉, $r_{NO}=r_{SC}$이다. 예시를 위해 도 7a 및 7b를 참조하라. 도 7a는 반경 r_{SC}(64a)를 가지는 최소 원 SC(63a)에 의해 완전히 가려진 원형 노즐 개구(62a)의 평면도이다. 도 7b는 반경 r_{SC}(64b)를 가지는 최소 원 SC(63b)에 의해 완전히 가려진 비원형 노즐 개구(62b)의 평면도이다. 바람직하게는, r_{NO}는 5 내지 13 mm이다. 더 바람직하게는, r_{NO}는 8 내지 10 mm이다.

[0043] 본 발명의 방법에 사용되는 주형(10)의 주형 기부(12)는 주형 공동(20)의 수평 내부 경계(14)를 형성한다. (예를 들어, 도 1 내지 2 참조). 바람직하게는, 주형 공동(20)의 수평 내부 경계(14)는 평평하다. 더 바람직하게는, 주형 공동(20)의 수평 내부 경계(14)는 평평하고 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 실질적으로 수직이다. 가장 바람직하게는, 주형 공동(20)의 수평 내부 경계(14)는 평평하고 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 본질적으로 수직이다.

[0044] 본 발명의 방법에 사용되는 주형(10)의 주위 벽(15)은 주형 공동(20)의 수직 내부 경계(18)를 형성한다. (예를 들어, 도 1 내지 2 참조). 바람직하게는, 주위 벽은 x-y 평면(30)에 실질적으로 수직인 주형 공동(20)의 수직 내부 경계(18)을 형성한다. 더 바람직하게는, 주위 벽은 x-y 평면(30)에 본질적으로 수직인 주형 공동(20)의 수직 내부 경계(18)을 형성한다.

[0045] 주형 공동(20)은 z-축과 일치하고 중심점(21)에서 주형 기부(12)의 수평 내부 경계(14)와 교차하는 중심축 C_{axis}(22)를 가진다. 바람직하게는, 중심점(21)은 x-y 평면(30) 상에 투영된 주형 공동(20)의 단면 C_{x-sect}(24)의 기하학적 중심에 위치한다. (예를 들어, 도 1 내지 3 참조).

[0046] x-y 평면 상에 투영된 주형 공동의 단면 C_{x-sect}는 임의의 규칙적 또는 불규칙적 2차원 형상일 수 있다. 바람직하게는, 주형 공동의 단면 C_{x-sect}는 다각형 및 타원으로부터 선택된다. 더 바람직하게는, 주형 공동의 단면 C_{x-sect}는 평균 반경 r_C를 가지는 실질적으로 원형인 단면이다(바람직하게는 r_C는 20 내지 100 cm이고; 더 바람직하게는 r_C는 25 내지 65 cm이고; 가장 바람직하게는 r_C는 40 내지 60 cm임). 가장 바람직하게는, 주형 공동은 실질적으로 원형인 단면 C_{x-sect}를 가지는 직원기둥 형상 영역에 근사하며; 주형 공동은 주형 공동의 중심축 C_{axis}와 일치하는 대칭축 C_{x-sym}을 가지며; 직원기둥 형상 영역은 하기와 같이 정의되는 단면적 C_{x-area}를 가진다:

[0047] $$C_{x-area}=\pi r_C^2,$$

[0048] r_C는 x-y 평면 상에 투영된 주형 공동의 단면적 C_{x-area}의 평균 반경이고; r_C는 20 내지 100 cm(더 바람직하게는 25 내지 65 cm; 가장 바람직하게는 40 내지 60 cm)이다.

[0049] 주형 공동(20)은 도넛 홀 영역(40) 및 도넛 영역(50)을 가진다. (예를 들어 도 2 내지 3 참조).

[0050] 바람직하게는, 주형 공동(20)의 도넛 홀 영역(40)은 x-y 평면(30) 상에 원형 단면 DH_{x-sect}(44)를 투영하고 도넛 홀 영역 대칭축 DH_{axis}(42)를 가지는, 주형 공동(20) 내의 직원기둥 형상 영역이며; DH_{axis}는 주형 공동의 중심축 C_{axis} 및 z-축과 일치한다. (예를 들어, 도 2 내지 3 참조). 도넛 홀 영역(40)의 원형 단면 DH_{x-sect}(44)는 하기와 같이 정의되는 단면적 DH_{x-area}를 가진다:

[0051] $DH_{x-area}=\pi r_{DH}^{2}$,

[0052] r_{DH}는 도넛 홀 영역의 원형 단면 DH_{x-sect}(44)의 반경(46)이다. 바람직하게는, $r_{DH} \geq r_{NO}$(더 바람직하게는, r_{DH}는 5 내지 25 mm; 가장 바람직하게는, r_{DH}는 8 내지 15 mm)이다.

[0053] 바람직하게는, 주형 공동(20)의 도넛 영역(50)은 x-y 평면(30) 상에 환상 단면 D_{x-sect}(54)를 투영하고 도넛 영역 대칭축 D_{axis}(52)를 가지는, 주형 공동(20) 내의 환상체형 영역이며; D_{axis}는 주형 공동의 중심축 C_{axis} 및 z-축과 일치한다. (예를 들어, 도 2 내지 3 참조). 도넛 영역(50)의 환상 단면 D_{x-sect}(54)는 하기와 같이 정의되는 단면적 D_{x-area}를 가진다:

[0054] $D_{x-area}=\pi R_{D}^{2}-\pi r_{D}^{2}$,

[0055] R_D는 도넛 영역의 환상 단면 D_{x-sect}의 큰 반경(56)이고; r_D는 도넛 영역의 환상 단면 D_{x-sect}의 작은 반경(58)이며; $r_D \geq r_{DH}$이고; $R_D > r_D$이고; $R_D < r_C$이다. 바람직하게는, $r_D \geq r_{DH}$이고, r_D는 5 내지 25 mm이다. 더 바람직하게는, $r_D \geq r_{DH}$이고, r_D는 8 내지 15 mm이다. 바람직하게는, $r_D \geq r_{DH}$이고; $R_D > r_D$이고; $R_D \leq (K*r_C)$이며, K는 0.01 내지 0.2(더 바람직하게는 K는 0.014 내지 0.1, 가장 바람직하게는 K는 0.04 내지 0.086)이다. 더 바람직하게는, $r_D \geq r_{DH}$이고; $R_D > r_D$이고; R_D는 20 내지 100 mm(더 바람직하게는 R_D는 20 내지 80 mm; 가장 바람직하게는 R_D는 25 내지 50 mm)이다.

[0056] 충전 기간 CP(초 단위)의 길이는 현저히 변할 수 있다. 예를 들어, 충전 기간 CP의 길이는 주형 공동의 크기, 평균 충전 속도 CR_{avg}, 및 경화성 혼합물의 특정(예: 겔 시간)에 따라 달라질 것이다. 바람직하게는, 충전 시간 CP는 60 내지 900 초(더 바람직하게는 60 내지 600 초, 가장 바람직하게는 120 내지 360 초)이다. 전형적으로, 충전 기간 CP는 경화성 혼합물이 나타내는 겔 시간에 의해 제약을 받을 것이다. 바람직하게는, 충전 기간 CP는 주형 공동에 충전되는 경화성 혼합물이 나타내는 겔 시간 이하일 것이다. 더 바람직하게는, 충전 기간 CP는 경화성 혼합물이 나타내는 겔 시간 미만일 것이다.

[0057] 충전 속도 CR(kg/sec 단위)은 충전 기간 CP 동안 변할 수 있다. 예를 들어, 충전 속도 CR은 간헐적일 수 있다. 즉, 충전 속도 CR은 충전 기간 동안 1회 이상 잠시 0으로 떨어질 수 있다. 바람직하게는, 경화성 혼합물은 충전 기간에 걸쳐 본질적으로 일정한 속도로 주형 공동에 충전된다. 보다 바람직하게는, 경화성 혼합물은 충전 기간 CP에 걸쳐 0.015 내지 2 kg/sec(더 바람직하게는 0.015 내지 1 kg/sec; 가장 바람직하게는 0.08 내지 0.4 kg/sec)의 평균 충전 속도 CR_{avg}로 본질적으로 일정한 속도로 주형 공동에 충전된다.

[0058] 충전 기간 CP는 초기 국면, 이행 국면 및 잔여 국면으로서 식별되는 3개의 분리된 국면으로 구분된다. 초기 국면의 시작은 충전 기간 CP의 시작에 상응한다. 초기 국면의 종료는 이행 국면의 시작 직전이다. 이행 국면의 종료는 잔여 국면의 시작 직전이다. 잔여 국면의 종료는 충전 기간 CP의 종료에 상응한다.

[0059] 노즐은 충전 기간 CP 동안 노즐 개구의 위치가 3개 차원으로 모두 이동하도록 이동 또는 변형(예: 단축)된다. 노즐(60)은, 충전 기간 CP 동안 노즐 개구(62)의 위치가 주형 공동의 중심축 C_{axis}(122)를 따라 주형 기부(112)에 대해 이동하여 경화성 혼합물(70)이 주형 공동(120) 내에 쌓임에 따라 경화성 혼합물(70)의 상부 표면(72) 위로 노즐 개구(62)의 위치를 유지하도록 충전 기간 CP 동안 이동 또는 변형(예: 단축)된다. (도 4a 및 4b 참조). 바람직하게는, 노즐 개구(62)의 위치는, 경화성 혼합물(70)이 주형 공동(120) 내에 쌓임에 따라 경화성 혼합물(70)의 상부 표면(72) 위로 일정 고도(65)에 노즐 개구(62)의 위치를 유지하도록, 충전 기간 CP 동안 주형 공동의 중심축 C_{axis}(122)를 따라 주형 기부(112)에 대해 이동하며; 고도는 >0 내지 30 mm(더 바람직하게는 >0 내지 20 mm; 가장 바람직하게는 5 내지 10 mm)이다. (도 4b 참조). 노즐 개구의 위치는 충전 기간 동안 주형 공동의 중심축 C_{axis}를 따른 그의 이동(즉, z 차원으로의 이동)을 잠시 멈출 수 있다. 바람직하게는, 노즐 개구의 위치는 각각의 이행 국면 이행점 TP_{TP}(있을 경우) 및 각각의 잔여 국면 이행점 TP_{RP}에서 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 대한 그의 이동을 잠시 멈춘다(즉, 노즐 개구의 위치는 z 차원으로의 이동을 잠시 멈춘다).

[0060] 노즐 개구의 위치는 충전 기간의 초기 국면 내내(즉, 초기 국면이 지속되는 동안) 주형 공동의 도넛 홀 영역 내

에 있다. 노즐 개구의 위치는 초기 국면 내내 정지 상태를 유지할 수 있으며, 이때 초기 국면 시작점 SP_{IP} 및 초기 국면 종료점 EP_{IP}은 동일 위치이다(즉, $SP_{IP}=EP_{IP}$). 바람직하게는, $SP_{IP}=EP_{IP}$인 경우, 초기 국면은 >0 내지 90 초 길이(더 바람직하게는 >0 내지 60 초 길이; 가장 바람직하게는 5 내지 30 초 길이)이다. 가장 바람직하게는, 노즐 개구의 위치는 충전 기간의 초기 국면의 시작으로부터 주형 공동 내의 경화성 혼합물의 상부 표면이 상승하기 시작할 때 - 이때 이행 국면이 시작됨 - 까지 정지 상태를 유지하며; 초기 국면 시작점 SP_{IP}(80)와 초기 국면 종료점 EP_{IP}(81a)(이는 이행 국면 시작점 SP_{TP}(82a)과 일치함)는 주형 공동의 중심축 C_{axis}(222)를 따라 주형 공동(220)의 도넛 홀 영역(140) 내의 동일 위치이다. 바람직하게는, 도넛 홀 영역(140)은 직원기둥이고; 도넛 홀의 대칭축 DH_{axis}(142)는 주형 공동의 중심축 C_{axia}(222) 및 z-축과 일치한다. (도 5a 내지 5c 참조). 노즐 개구의 위치는 초기 국면 동안 이동할 수 있으며, 이때 초기 국면 시작점 SP_{IP}는 초기 국면 종료점 EP_{IP}과 상이하다(즉, $SP_{IP}\neq EP_{IP}$). 바람직하게는, $SP_{IP}\neq EP_{IP}$인 경우; 초기 국면은 >0 내지 (CP-10.02) 초 길이이고; CP는 초 단위의 충전 기간이다. 더 바람직하게는, $SP_{IP}\neq EP_{IP}$인 경우; 초기 국면은 >0 내지 (CP-30) 초 길이이며; CP는 초 단위의 충전 기간이다. 가장 바람직하게는, 주형 공동(220) 내의 경화성 물질의 상부 표면은 충전 기간의 초기 국면 동안 상승하며, 노즐 개구의 위치는 바람직하게는 초기 국면 시작점 SP_{IP}(80)로부터 초기 국면 종료점 EP_{IP}(81b)(이는 이행 국면 시작점 SP_{TP}(82b)와 일치함)까지 주형 공동의 중심축 C_{axis}(222)를 따라 주형 공동(220)의 도넛 홀 영역(140) 내에서 이동하여, 충전 기간의 초기 국면 내내 경화성 물질이 주형 공동(220) 내에 쌓임에 따라 경화성 물질의 상부 표면 위로 일정 고도에 노즐 개구의 위치를 유지한다. (도 5a 내지 5c 참조).

[0061] 노즐 개구의 위치는 충전 기간의 이행 국면 동안 주형 공동의 도넛 홀 영역 내의 지점으로부터 도넛 영역 내의 지점으로 이동한다. 바람직하게는, 이행 국면은 0.02 내지 30 초 길이(더 바람직하게는 0.2 내지 5 초 길이; 가장 바람직하게는 0.6 내지 2 초 길이)이다. 바람직하게는, 노즐 개구의 위치는 이행 국면 동안 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 대해 10 내지 70 mm/sec(더 바람직하게는 15 내지 35 mm/sec, 가장 바람직하게는 20 내지 30 mm/sec)의 평균 속력으로 이동한다. 바람직하게는, 노즐 개구 위치의 이동은 각각의 이행 국면 이행점 TP_{TP}(있을 경우) 및 이행 국면 종료점 EP_{TP}에서 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 대한 그의 이동을 잠시 멈춘다(즉, x 및 y 차원으로의 이동을 잠시 멈춤). 바람직하게는, 노즐 개구의 위치는 이행 국면 동안 이행 국면 시작점 SP_{TP}로부터 임의의 이행 국면 이행점 TP_{TP}을 통해 이행 국면 종료점 EP_{TP}까지 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 대해 일정한 속력으로 이동한다. 바람직하게는, 이행 국면 동안 노즐 개구의 위치는 이행 국면 시작점 SP_{TP}로부터 복수의 이행 국면 이행점 TP_{TP}를 통해 이행 국면 종료점 EP_{TP}까지 이동하며; x-y 평면 상에 투영된 이행 국면 경로는 곡선에 근사한다(더 바람직하게는, 이행 국면 경로는 나선형 완화 곡선(spiral easement)에 근사함). 가장 바람직하게는, 이행 국면 동안 노즐 개구의 위치는 이행 국면 시작점 SP_{TP}로부터 이행 국면 종료점 EP_{TP}까지 직접 이동하며; 이때 x-y 평면에 투영된 이행 국면 경로는 직선이다.

[0062] 도 5a 내지 5c는 중심축 C_{axis}(222); 대칭축 DH_{axis}(142)를 가지는 직원기둥 형상인 도넛 홀 영역(140); 및 대칭축 D_{axis}(152)를 가지는 환상체형 도넛 영역(150)을 가지며; 주형 공동의 중심축 C_{axis}(222), 도넛 홀의 대칭축 DH_{axis}(142) 및 도넛의 대칭축 D_{axis}(152)는 각각 z 축과 일치하는 주형 공동(220)의 3개의 상이한 이행 국면 경로를 도시한다. 도 5a 내지 5c에 도시된 제1 이행 국면 경로는 주형 공동(220)의 도넛 홀 영역(140) 내의 이행 국면 시작점 SP_{TP}(82a)에서 시작하여 주형 공동(220)의 도넛 영역(150) 내의 이행 국면 종료점 EP_{TP}(89)로 직접 나아가며; 이행 국면 경로(83a)는 x-y 평면(130) 상에 하나의 직선(84)을 투영한다. 도 5a 내지 5c에 도시된 제2 이행 국면 경로는 주형 공동(220)의 도넛 홀 영역(140) 내의 이행 국면 시작점 SP_{TP}(82b)에서 시작하여 주형 공동(220)의 도넛 영역(150) 내의 이행 국면 종료점 EP_{TP}(89)로 직접 나아가며; 이때 이행 국면 경로(83b)는 x-y 평면(130) 상에 하나의 직선(84)으로서 투영된다. 도 5a 내지 5c에 도시된 제3 이행 국면 경로는 도넛 홀 영역(140) 내의 이행 국면 시작점 SP_{TP}(82a)에서 시작하고; 도넛 홀 영역(140) 내의 이행 국면 이행점 TP_{TP}(88)을 통해 이행하고; 이어서 도넛 영역(150) 내에 위치한 이행 국면 종료점 EP_{TP}(89)로 나아가며; 이때 이행 국면 경로(85)는 x-y 평면(130) 상에 한 쌍의 연결된 직선(87)을 투영한다. 이행 국면 종료점 EP_{TP}(89)는 잔여 국면

시작점 $SP_{RP}(90)$와 일치한다(즉, 이들은 동일 위치임).

[0063] 노즐 개구의 위치는 충전 기간의 잔여 국면 동안 도넛 영역 내에 있다(즉, 노즐 개구의 위치는 충전 기간의 잔여 국면의 일부 동안은 도넛 홀 영역을 통과하거나 그에 있을 수도 있음). 바람직하게는, 노즐 개구의 위치는 충전 기간의 잔류 국면 내내(즉, 잔류 국면이 지속되는 동안) 도넛 영역 내에 있다. 바람직하게는, 잔류 국면은 ≥10 초 길이이다. 더 바람직하게는, 잔류 국면은 10 내지 <(CP-0.2) 초 길이이고; CP는 초 단위의 충전 기간이다. 더욱더 바람직하게는, 잔류 국면은 30 내지 <(CP-0.2) 초 길이이고; CP는 초 단위의 충전 기간이다. 가장 바람직하게는, 잔류 국면은 0.66*CP 내지 <(CP-0.2) 초 길이이고; CP는 초 단위의 충전 기간이다. 바람직하게는, 노즐 개구의 위치는 잔류 국면 동안 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 대해 10 내지 70 mm/sec(더 바람직하게는 15 내지 35 mm/sec, 가장 바람직하게는 20 내지 30 mm/sec)의 평균 속력으로 이동한다. 바람직하게는, 노즐 개구의 위치는 각각의 잔류 국면 이행점 TP_{RP}에서 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 대한 그의 이동을 잠시 멈출 수 있다(즉, 노즐 개구의 위치는 x 및 y 차원으로의 이동을 잠시 멈출 수 있음). 바람직하게는, 노즐 개구의 위치는 잔류 국면 동안 잔류 국면 시작점 SP_{RP}로부터 각각의 잔류 국면 이행점 TP_{RP}를 통해 주형 공동의 중심축 C_{axis}에 대해 일정한 속력으로 이동한다. 바람직하게는, 잔류 국면 동안 노즐 개구의 위치는 잔류 국면 시작점 SP_{RP}로부터 복수의 잔류 국면 이행점 TP_{RP}를 통해 이동하며; 이때 잔류 국면 경로는 x-y 평면 상에 일련의 연결된 선을 투영한다. 바람직하게는, 잔류 국면 이행점들 TP_{RP}는 모두 주형 공동의 도넛 영역 내에 위치한다. 바람직하게는, 잔류 국면 경로에 의해 x-y 평면 상에 투영된 일련의 연결된 선들은 주형 공동의 중심축 C_{axis}로부터 거리가 변하는 2차원 나선 또는 원에 근사한다. 바람직하게는, 잔류 국면 경로에 의해 x-y 평면 상에 투영된 일련의 연결된 선들은 2차원 나선에 근사하며, 연속적인 잔류 국면 이행점들 TP_{RP}은 주형 공동의 중심축 C_{axis}로부터 증가하거나 감소하는 거리로 x-y 평면상에 투영된다. 더 바람직하게는, 잔류 국면 경로에 의해 x-y 평면 상에 투영된 일련의 연결된 선들은 원에 근사하며, 연속적인 잔류 국면 이행점들 TP_{RP}은 주형 공동의 중심축 C_{axis}로부터 동일한 거리로 x-y 평면 상에 투영되고, 잔류 국면 경로에 의해 x-y 평면 상에 투영된 일련의 연결된 선들은 정다각형이다(즉, 등변형 및 등각형). 바람직하게는, 정다각형은 ≥5개의 변(더 바람직하게는 ≥8개의 변; 가장 바람직하게는 ≥10개의 변; 바람직하게는 ≤100개의 변; 더 바람직하게는 ≤50개의 변; 가장 바람직하게는 ≤20개의 변)을 가진다. 가장 바람직하게는, 잔류 국면 경로는 헬릭스(helix)에 근사한다. 즉, 잔류 국면 동안 노즐 개구의 위치는 주형 공동 내에 쌓이는 경화성 혼합물의 상부 표면 위로 원하는 고도를 유지하도록 주형 공동의 중심축 C_{axis}를 따라 연속적으로 이동하는 동시에, 노즐 개구의 위치는 x-y 평면 상에 정다각형을 투영하는 경로를 추적한다(바람직하게는, 정다각형은 5 내지 100개의 변; 더 바람직하게는 5 내지 50개의 변; 더욱더 바람직하게는 8 내지 25개의 변; 가장 바람직하게는 8 내지 15개의 변)을 가진다.

[0064] 도 6a 내지 6c는 중심축 $C_{axis}(222)$; 대칭축 $DH_{axis}(142)$를 가지는 직원기둥 형상인 도넛 홀 영역(140); 및 대칭축 $D_{axis}(152)$를 가지는 환상체형 도넛 영역(150)을 가지며; 주형 공동 중심축 $C_{axis}(222)$, 도넛 홀의 대칭축 $DH_{axis}(142)$ 및 도넛의 대칭축 $D_{axis}(152)$는 각각 z 축과 일치하는 주형 공동(220) 내에서 헬릭스에 근사하는, 바람직한 잔류 국면 경로(95)의 일부를 도시한다. 잔류 국면 경로(95)는 주형 공동(220)의 도넛 영역(150) 내의 잔류 국면 시작점 $SP_{RP}(90)$에서 시작하여 주형 공동(220)의 도넛 영역(150) 내의 복수의 잔류 국면 이행점 $TP_{RP}(92)$를 통해 나아가며; 모든 잔류 국면 이행점들 TP_{RP}는 주형 공동의 중심축 $C_{axis}(222)$로부터 동일한 거리에 있고; 잔류 국면 경로(95)는 x-y 평면(130) 상에 정십면체(100)를 형성하는 10개의 동일한 길이의 선(97)으로서 투영된다. 잔류 이행 시작점 $SP_{RP}(90)$는 이행 국면 종료점 $EP_{TP}(89)$와 일치한다(즉, 이들은 동일 위치임).

[0065] 경화성 혼합물은 바람직하게는 액상 예비중합체 물질 및 복수의 미세요소를 포함하며, 복수의 미세요소는 액상 예비중합체 물질 내에 균일하게 분산된다.

[0066] 액상 예비중합체 물질은 바람직하게는 중합(즉, 경화)되어 폴리(우레탄), 폴리술폰, 폴리에테르 술폰, 나일론, 폴리에테르, 폴리에스테르, 폴리스티렌, 아크릴 중합체, 폴리우레아, 폴리아미드, 폴리비닐 클로라이드, 폴리비닐 플루오라이드, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리부타디엔, 폴리에틸렌 이민, 폴리아크릴로니트릴, 폴리에틸렌 옥사이드, 폴리올레핀, 폴리(알킬)아크릴레이트, 폴리(알킬)메타크릴레이트, 폴리아미드, 폴리에테르 이미드, 폴리케톤, 에폭시, 실리콘, 에틸렌 프로필렌 디엔 단량체로부터 형성된 중합체, 단백질, 다당류, 폴리아세테이트, 및 이들 중 2종 이상의 조합으로부터 선택된 물질을 형성한다. 바람직하게는, 액상 예비 중합체 물질은 중

합되어 폴리(우레탄)을 포함하는 물질을 형성한다. 더 바람직하게는, 액상 예비중합체 물질은 중합되어 폴리우레탄을 포함하는 물질을 형성한다. 가장 바람직하게는, 액상 예비중합체 물질은 중합(경화)되어 폴리우레탄을 형성한다.

[0067] 바람직하게는, 액상 예비중합체 물질은 폴리이소시아네이트-함유 물질을 포함한다. 보다 바람직하게는, 액상 예비중합체 물질은 폴리이소시아네이트(예: 디이소시아네이트)와 히드록실-함유 물질의 반응 생성물을 포함한다.

[0068] 바람직하게는, 폴리이소시아네이트는 메틸렌 비스 4,4'-시클로헥실-이소시아네이트; 시클로헥실 디이소시아네이트; 이소포론 디이소시아네이트; 헥사메틸렌 디이소시아네이트; 프로필렌-1,2-디이소시아네이트; 테트라메틸렌-1,4-디이소시아네이트; 1,6-헥사메틸렌-디이소시아네이트; 도데칸-1,12-디이소시아네이트; 시클로부탄-1,3-디이소시아네이트; 시클로헥산-1,3-디이소시아네이트; 시클로헥산-1,4-디이소시아네이트; 1-이소시아네이토-3,3,5-트리메틸-5-이소시아네이토메틸시클로헥산; 메틸 시클로헥실렌 디이소시아네이트; 헥사메틸렌 디이소시아네이트의 트리이소시아네이트; 2,4,4-트리메틸-1,6-헥산 디이소시아네이트의 트리이소시아네이트; 헥사메틸렌 디이소시아네이트의 우레트디온; 에틸렌 디이소시아네이트; 2,2,4-트리메틸헥사메틸렌 디이소시아네이트; 2,4,4-트리-메틸헥사메틸렌 디이소시아네이트; 디시클로헥실메탄 디이소시아네이트; 및 이들의 조합으로부터 선택된다. 가장 바람직하게는, 폴리이소시아네이트는 지방족이고, 14 퍼센트 미만의 미반응 이소시아네이트 기를 가진다.

[0069] 바람직하게는, 본 발명에 사용되는 히드록실-함유 물질은 폴리올이다. 예시적인 폴리올은 예를 들어 폴리에테르 폴리올, 히드록시-말단 폴리부타디엔(부분 및 완전 수소화 유도체 포함), 폴리에스테르 폴리올, 폴리카프로락톤 폴리올, 폴리카르보네이트 폴리올, 및 이들의 혼합물을 포함한다.

[0070] 바람직한 폴리올은 폴리에테르 폴리올을 포함한다. 폴리에테르 폴리올의 예는 폴리테트라메틸렌 에테르 글리콜("PTMEG"), 폴리에틸렌 프로필렌 글리콜, 폴리옥시프로필렌 글리콜, 및 이들의 혼합물을 포함한다. 탄화수소 쇄는 포화 또는 불포화 결합 및 치환 또는 비치환 방향족 및 시클릭 기를 가질 수 있다. 바람직하게는, 본 발명의 폴리올은 PTMEG를 포함한다. 적합한 폴리에스테르 폴리올은 폴리에틸렌 아디페이트 글리콜; 폴리부틸렌 아디페이트 글리콜; 폴리에틸렌 프로필렌 아디페이트 글리콜; o-프탈레이트-1,6-헥산디올; 폴리(헥사메틸렌 아디페이트) 글리콜; 및 이들의 혼합물을 포함하나, 이에 한정되지 않는다. 탄화수소 쇄는 포화 또는 불포화 결합 또는 치환 또는 비치환 방향족 및 시클릭 기를 가질 수 있다. 적합한 폴리카프로락톤 폴리올은 1,6-헥산디올-개시된 폴리카프로락톤; 디에틸렌 글리콜 개시된 폴리카프로락톤; 트리메틸올 프로판 개시된 폴리카프로락톤; 네오펜틸 글리콜 개시된 폴리카프로락톤; 1,4-부탄디올-개시된 폴리카프로락톤; PTMEG-개시된 폴리카프로락톤; 및 이들의 혼합물을 포함하나, 이에 한정되지 않는다. 탄화수소 쇄는 포화 또는 불포화 결합 또는 치환 또는 비치환 방향족 및 시클릭 기를 가질 수 있다. 적합한 폴리카르보네이트는 폴리프탈레이트 카르보네이트 및 폴리(헥사메틸렌 카르보네이트) 글리콜을 포함하나, 이에 한정되지 않는다.

[0071] 바람직하게는, 복수의 미세요소는 포획된 기포, 중공 중합체 물질(즉, 미소구체), 액체 충전 중공 중합체 물질, 수용성 물질(예: 시클로덱스트린), 및 불용성 상 물질(예: 광유)로부터 선택된다. 바람직하게는, 복수의 미세요소는 미소구체, 예를 들어, 폴리비닐 알콜, 펙틴, 폴리비닐 피롤리돈, 히드록시에틸셀룰로오스, 메틸셀룰로오스, 히드로프로필메틸셀룰로오스, 카르복시메틸셀룰로오스, 히드록시프로필셀룰로오스, 폴리아크릴산, 폴리아크릴아미드, 폴리에틸렌 글리콜, 폴리히드록시에테르아크릴레이트, 전분, 말레산 공중합체, 폴리에틸렌 옥사이드, 폴리우레탄, 시클로덱스트린, 및 이들의 조합(예: 스웨덴 순스발의 Akzo Nobel로부터의 Expancel™)이다. 미소구체는 예를 들어 분지, 블로킹 및 가교에 의해 용해도, 팽윤성 및 다른 특성이 변화하도록 화학적으로 개질될 수 있다. 바람직하게는, 미소구체는 150 ㎛ 미만의 평균 직경, 더 바람직하게는 50 ㎛ 미만의 평균 직경을 가진다. 가장 바람직하게는, 미소구체(48)는 15 ㎛ 미만의 평균 직경을 가진다. 미소구체의 평균 직경은 변할 수 있으며, 다양한 크기 및 다양한 미소구체(48)의 혼합물이 사용될 수 있다. 미소구체를 위한 가장 바람직한 물질은 아크릴로니트릴과 비닐리덴 클로라이드의 공중합체(예: Akzo Nobel로부터 입수 가능한 Expancel®)이다.

[0072] 액상 예비중합체 물질은 임의로는 경화제를 추가로 포함한다. 바람직한 경화제는 디아민을 포함한다. 적합한 폴리디아민은 1급 및 2급 아민을 둘 다 포함한다. 바람직한 폴리디아민은 디에틸 톨루엔 디아민("DETDA"); 3,5-디메틸티오-2,4-톨루엔디아민 및 그의 이성질체; 3,5-디에틸톨루엔-2,4-디아민 및 그의 이성질체(예: 3,5-디에틸톨루엔-2,6-디아민); 4,4'-비스-(sec-부틸아미노)-디페닐메탄; 1,4-비스-(sec-부틸아미노)-벤젠; 4,4'-메틸렌-비스-(2-클로로아닐린); 4,4'-메틸렌-비스-(3-클로로-2,6-디에틸아닐린)("MCDEA"); 폴리테트라메틸렌옥사이드-디-p-아미노벤조에이트; N,N'-디알킬디아미노 디페닐 메탄; p,p'-메틸렌 디아닐린 ("MDA"); m-페닐렌디아

민("MPDA"); 메틸렌-비스 2-클로로아닐린("MBOCA"); 4,4'-메틸렌-비스-(2-클로로아닐린)("MOCA"); 4,4'-메틸렌-비스-(2,6-디에틸아닐린)("MDEA"); 4,4'-메틸렌-비스-(2,3-디클로로아닐린)("MDCA"); 4,4'-디아미노-3,3'-디에틸-5,5'-디메틸 디페닐메탄, 2,2',3,3'-테트라클로로 디아미노 디페닐메탄; 트리메틸렌 글리콜 디-p-아미노벤조에이트; 및 이들의 혼합물을 포함하나, 이에 한정되지 않는다. 바람직하게는, 디아민 경화제는 3,5-디메틸티오-2,4-톨루엔디아민 및 그의 이성질체로부터 선택된다.

[0073] 경화제는 또한 디올, 트리올, 테트라올 및 히드록시-말단 경화제를 포함할 수 있다. 적합한 디올, 트리올, 및 테트라올 기는 에틸렌 글리콜; 디에틸렌 글리콜; 폴리에틸렌 글리콜; 프로필렌 글리콜; 폴리프로필렌 글리콜; 저분자량 폴리테트라메틸렌 에테르 글리콜; 1,3-비스(2-히드록시에톡시) 벤젠; 1,3-비스-[2-(2-히드록시에톡시) 에톡시]벤젠; 1,3-비스-{2-[2-(2-히드록시에톡시) 에톡시]에톡시}벤젠; 1,4-부탄디올; 1,5-펜탄디올; 1,6-헥산디올; 레소르시놀-디-(베타-히드록시에틸) 에테르; 히드로퀴논-디-(베타-히드록시에틸) 에테르; 및 이들의 혼합물을 포함한다. 바람직한 히드록시-말단 경화제는 1,3-비스(2-히드록시에톡시) 벤젠; 1,3-비스-[2-(2-히드록시에톡시) 에톡시]벤젠; 1,3-비스-{2-[2-(2-히드록시에톡시) 에톡시]에톡시}벤젠; 1,4-부탄디올; 및 이들의 혼합물을 포함한다. 히드록시-말단 및 디아민 경화제는 하나 이상의 포화, 불포화, 방향족, 및 시클릭 기를 포함할 수 있다. 추가로, 히드록시-말단 및 디아민 경화제는 하나 이상의 할로겐 기를 포함할 수 있다.

[0074] 바람직하게는, 케이크를 바람직한 두께의 복수의 연마층으로 얇게 자르거나 유사하게 박편화한다.

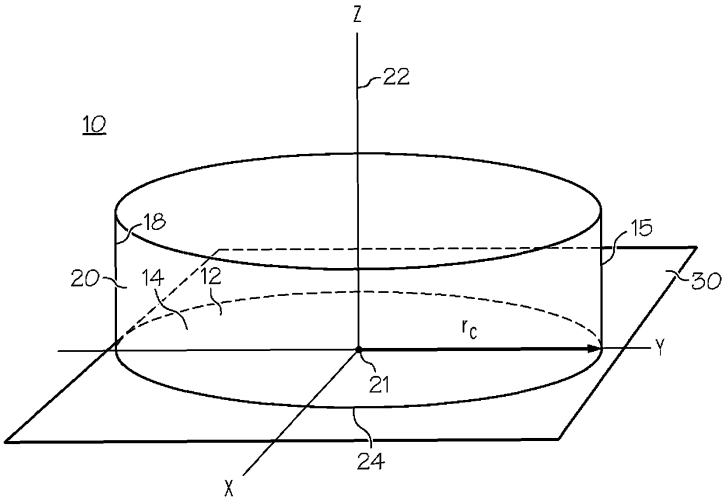
[0075] 바람직하게는, 화학기계 연마 패드용 연마층의 형성을 위한 본 발명의 방법은 윈도우 블록(window block)을 제공하고, 윈도우 블록을 주형 공동에 위치시키는 것을 추가로 포함한다. 윈도우 블록은 경화성 혼합물을 주형 공동으로 옮기기 전 또는 후에 주형 공동에 위치시킬 수 있다. 바람직하게는, 윈도우 블록은 경화성 혼합물을 주형 공동으로 옮기기 전에 주형 공동에 위치시킨다. 바람직하게는, 본 발명의 방법은 윈도우 블록을 주형 기부(바람직하게는 주형 기부의 수평 내부 경계)에 고정시키는 것을 추가로 포함한다. 바람직하게는, 본 발명의 방법은 윈도우 블록 접착제를 제공하고, 윈도우 블록을 주형 기부(바람직하게는 주형 기부의 수평 내부 경계)에 고정시키는 것을 추가로 포함한다. 윈도우 블록을 주형 기부에 고정시키는 것은 케이크를 복수의 연마층으로 박편화(예: 얇게 자름)할 때 윈도우 뒤틀림(예: 연마층으로부터 외측으로의 윈도우 돌출)의 형성을 완화하는 것으로 생각된다.

[0076] 화학기계 연마 패드에 사용하기 적합한 윈도우 블록 제형은 당 업계에 잘 알려져 있다.

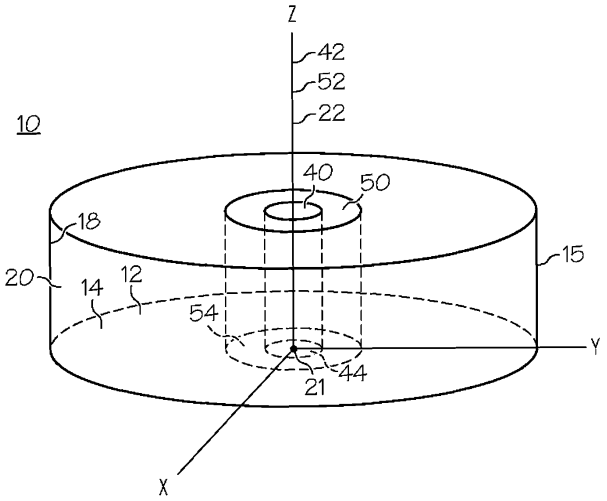
[0077] 바람직하게는, 본 발명의 방법을 사용하여 제조된 케이크는, 충전 기간 CP 내내 노즐 개구의 위치가 주형 공동의 중심축 C_{axis}를 따라 단지 한 차원으로만 이동한 것(즉, 노즐 개구의 위치를 경화성 물질이 주형 공동 내에 쌓일 때 경화성 물질의 상부 표면 위로 설정된 고도를 유지함) 이외에는 동일한 방법을 사용하여 제조한 다른 케이크에 비해 더 적은 밀도 결함을 함유한다. 더 바람직하게는, 본 발명의 방법을 사용하여 제조된 케이크는, 케이크당 밀도 결함이 없는 연마층을 적어도 50% 더 많이(더 바람직하게는 적어도 75% 더 많이; 가장 바람직하게는 적어도 100% 더 많이) 제공한다. 더욱더 바람직하게는, 주형 공동은 평균 반경 r_C가 40 내지 60 cm인 실질적으로 원형인 단면을 가지며, 본 발명의 방법을 사용하여 제조된 케이크는 밀도 결함이 없는 연마층의 수에 있어서, 충전 기간 CP 내내 노즐 개구의 위치가 주형 공동의 중심축 C_{axis}를 따라 단지 한 차원으로만 이동한 것 이외에는 동일한 방법에 의해 제공된 밀도 결함이 없는 연마층의 수에 비해 2배 증가(더 바람직하게는 3배 증가)를 제공한다.

도면

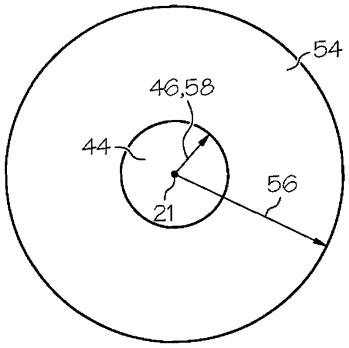
도면1



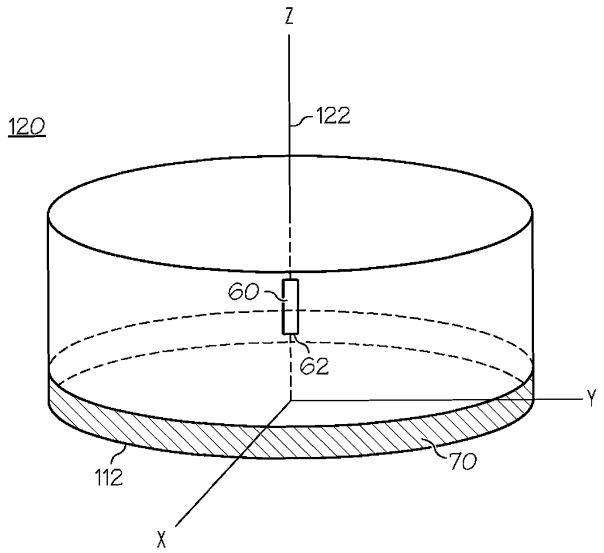
도면2



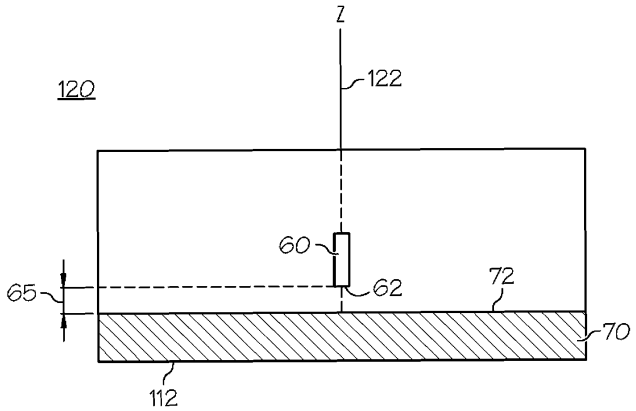
도면3



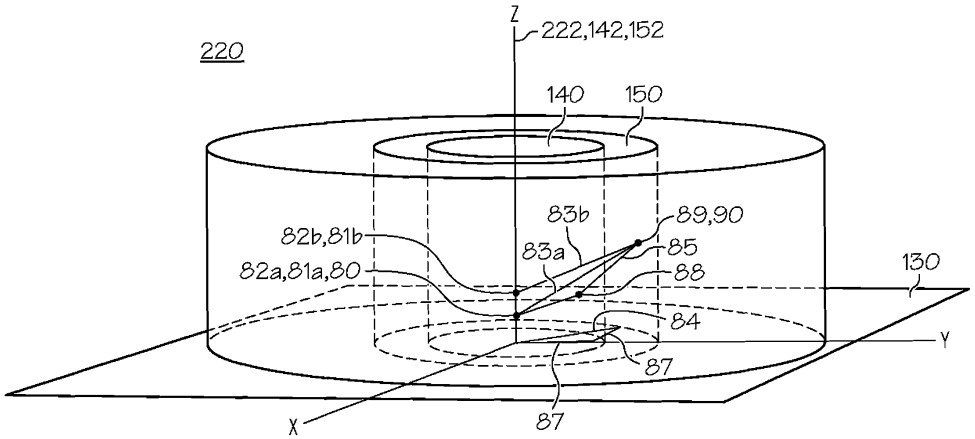
도면4a



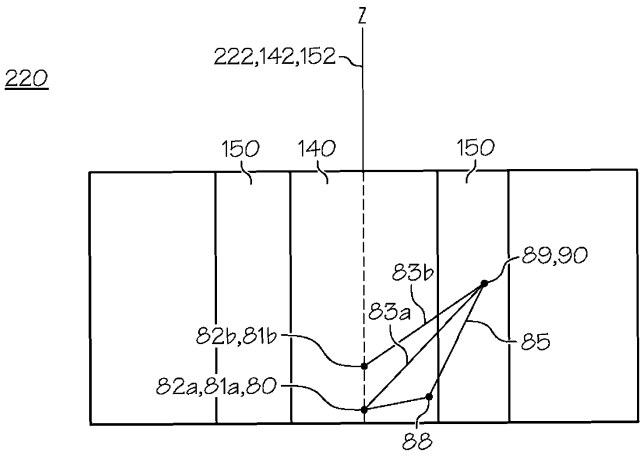
도면4b



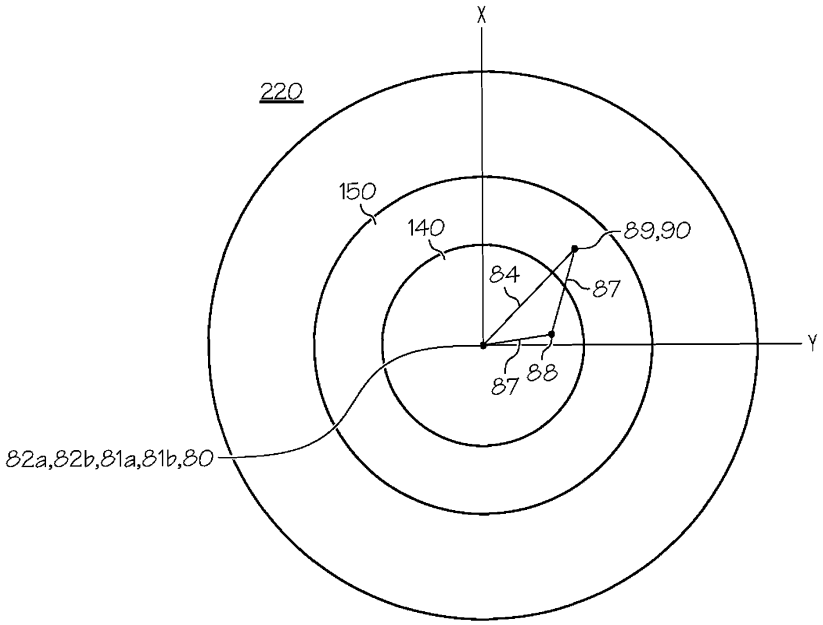
도면5a



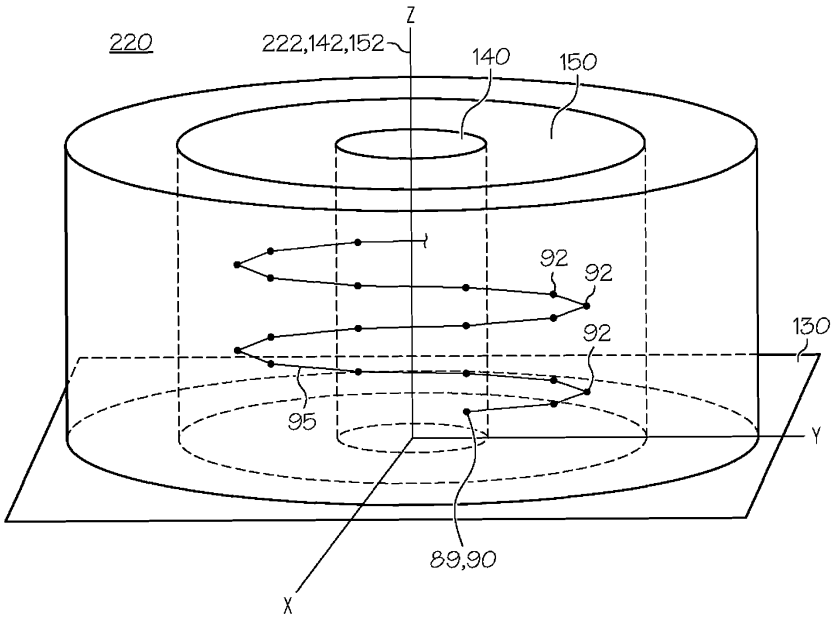
도면5b


Z
222,142,152
220
150
140
150
89,90
83b
83a
82b,81b
85
82a,81a,80
88

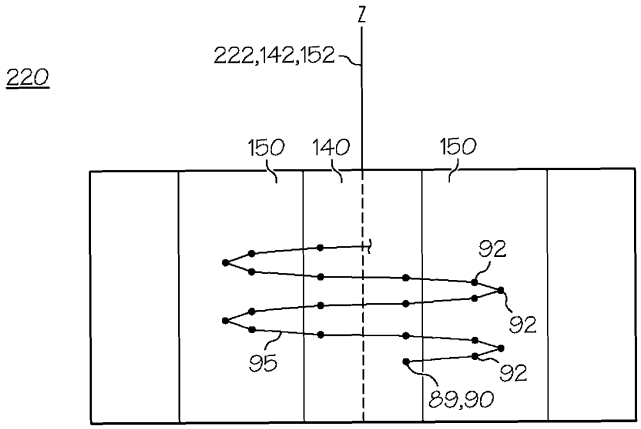
도면5c


X
220
150
140
89,90
84
87
Y
87
88
82a,82b,81a,81b,80

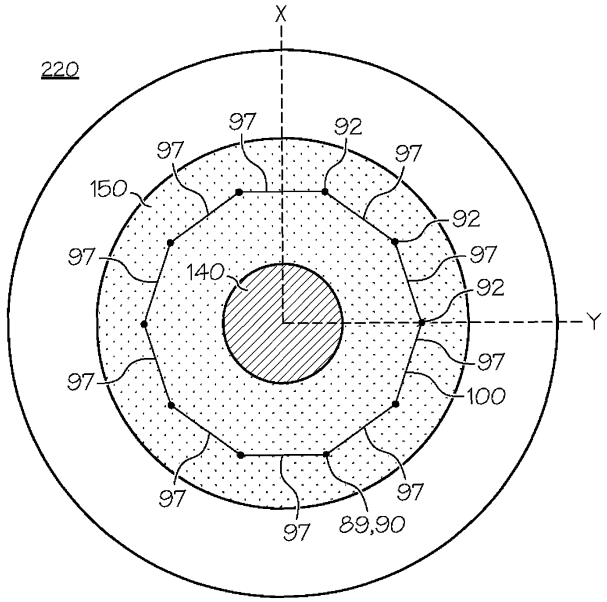
도면6a


220
222,142,152
Z
140
150
92
92
92
130
95
Y
89,90
X

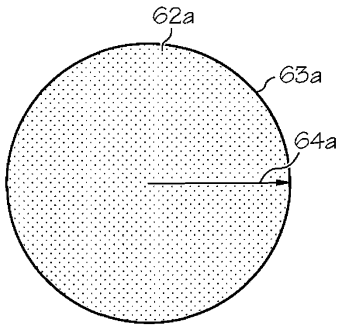
도면6b


220
Z
222,142,152
150
140
150
92
92
92
95
89,90

도면6c



도면7a



도면7b

