



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2016년04월26일  
 (11) 등록번호 10-1615578  
 (24) 등록일자 2016년04월20일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G03F 7/00* (2006.01) *B29C 33/38* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2011-7011499
- (22) 출원일자(국제) 2009년10월20일  
 심사청구일자 2014년10월14일
- (85) 번역문제출일자 2011년05월20일
- (65) 공개번호 10-2011-0081298
- (43) 공개일자 2011년07월13일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2009/005688
- (87) 국제공개번호 WO 2010/047766  
 국제공개일자 2010년04월29일
- (30) 우선권주장  
 12/580,813 2009년10월16일 미국(US)  
 61/107,105 2008년10월21일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
 US20070278712 A1  
 US20070228593 A1  
 US20050106321 A1  
 US20050094212 A1

- (73) 특허권자  
 캐논 나노테크놀로지스 인코퍼레이티드  
 미국 텍사스 78758-3605 오스틴 웨스트 브레이커  
 레인 1807 빌딩 씨-300
- (72) 발명자  
 슈마커 필립 디.  
 미국 텍사스 78735 오스틴 샌디아 루프 7600
- (74) 대리인  
 송봉식, 정삼영

전체 청구항 수 : 총 8 항

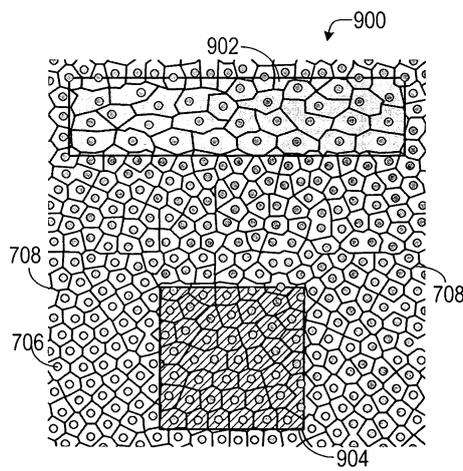
심사관 : 정명주

(54) 발명의 명칭 **엣지 가중치를 사용한 드롭 패턴 생성**

**(57) 요약**

임프린트 리소그래피는 유체 맵을 생성하는 단계, 유체 드롭 패턴을 생성하는 단계 및 유체 드롭 패턴에 따라서 기판에 유체를 적용하는 단계를 포함할 수 있다. 유체 드롭 패턴은 1회 이상의 변형된 로이드 법의 반복을 통해 엣지 가중치를 사용하여 생성될 수 있으며, 그 결과 표면 피쳐들이 임프린트 동안 유체로 실질적으로 충전된다.

**대표도**



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

기판 위에 유체의 복수의 드롭을 디스펜싱하기 위한 유체 디스펜스 시스템을 선택하는 단계;  
 체적을 가진 피쳐들을 포함하는 임프린팅 표면을 선택하는 단계; 및  
 유체의 복수의 드롭이 변형된 보로노이 다이어그램에 기초하여 기판 위의 위치들에 분포되도록, 기판 위에 복수의 드롭의 최적화된 유체 드롭 패턴을 생성하는 단계를 포함하는 유체 드롭 패턴을 생성하는 방법으로서, 여기서 최적화된 유체 드롭 패턴을 생성하는 단계는  
 임프린팅 표면에 상응하는 유체 맵에 엷지를 위치시켜서 엷지 맵을 형성하는 단계;  
 상기 엷지 맵에 역치를 적용하는 단계;  
 생성장치 지점과 볼륨 픽셀 사이의 체적 가중치를 산정하는 단계;  
 축척 인자를 초기화하는 단계;  
 상기 생성장치 지점에서부터 유체 맵 볼륨 픽셀까지 라인 스캔을 수행하는 단계;  
 엷지가 교차될 경우 전이 타입을 결정하는 단계;  
 상기 축척 인자를 상기 전이 타입과 연계된 가중치에 곱하는 단계;  
 상기 생성장치 지점에서부터 볼륨 픽셀까지의 거리를 계산하는 단계;  
 상기 거리를 축척 인자에 곱해서 보정된 거리를 구하는 단계; 및  
 상기 보정된 거리에 기초하여 상기 변형된 보로노이 다이어그램을 구축하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 변형된 보로노이 다이어그램이 보로노이 다이어그램에 존재하는 각 생성장치 위치와 연계된 가중치를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서, 디스펜싱 단계는 유체 디스펜스 시스템으로부터 동일한 체적의 다수의 드롭을 기판으로 송달하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 축척 인자를 1.0으로 초기화하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서, 최적화된 유체 드롭 패턴은 피쳐의 체적에 적어도 일부 기초하여 드롭 위치를 조정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서, 중합성 재료로 임프린팅 표면의 피쳐들을 충전함으로써 임프린팅 표면을 복제하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서, 유체 드롭 패턴을 평행 이동시켜 일단의 이동된 유체 드롭 패턴을 형성하는 단계를 더 포함

하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 8**

제 7 항에 있어서, 이동된 유체 드롭 패턴들을 중첩시켜서 중첩된 드롭 패턴을 형성하는 단계를 더 포함하는 방법.

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

삭제

**청구항 11**

삭제

**청구항 12**

삭제

**청구항 13**

삭제

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

삭제

**청구항 16**

삭제

**청구항 17**

삭제

**청구항 18**

삭제

**청구항 19**

삭제

**청구항 20**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 우선권 및 관련 출원

[0002] 이 출원은 2008년 10월 21일에 출원된 미국 가출원 No. 61/107,105; 및 2009년 10월 16일에 출원된 미국 가출

원 No. 61/580,813의 우선권을 주장하며, 이들은 본 출원의 관련 출원으로서 거기에 교시되고 개시된 모든 내용이 여기에 참고로 포함된다.

**배경 기술**

[0003] 나노제작은 100 나노미터 이하의 크기의 피처(feature)들을 갖는 매우 작은 구조물의 제작을 포함한다. 나노제작이 꽤 큰 영향을 준 한가지 이용분야는 집적회로의 가공처리에서이다. 반도체 가공처리 산업은 기판 위에 형성된 단위 면적당 회로를 증가시키면서 더 큰 생산 수율을 위해 노력하기를 계속하며, 따라서 나노제작은 더욱 더 중요해지고 있다. 나노제작은 형성된 구조물의 최소 피처 치수의 계속된 감소를 허용하면서 더 큰 공정제어를 제공한다. 나노제작이 사용된 다른 개발 영역은 생명공학, 광학기술, 기계 시스템 등을 포함한다.

[0004] 오늘날 사용 중인 예가 되는 나노제작 기술은 통상 임프린트 리소그래피로 언급된다. 예가 되는 임프린트 리소그래피 공정들이 미국 특허출원 공개 No. 2004/ 0065976, 미국 특허출원 공개 No. 2004/0065252, 및 미국특허 No. 6,936,194, 발명의 명칭 '임프린트 리소그래피 공정을 위한 기능적 패터닝 재료'와 같은 수많은 간행물에 상세히 기술되어 있는데, 이것들은 모두 참고문헌으로 포함된다.

[0005] 상기한 미국 특허출원 공개 및 특허의 각각에 개시된 임프린트 리소그래피 기술은 중합성 층에 양각 패턴의 형성과 양각 패턴에 대응하는 패턴을 하부 기판에 전사하는 것을 포함한다. 기판은 원하는 위치를 얻기 위해 모션 스테이지에 결합시켜 패턴형성 공정을 용이하게 할 수 있다. 패턴형성 공정은 기판과 이격되어 있는 템플레이트 그리고 템플레이트와 기판 사이에 가해진 성형성 액체를 사용한다. 성형성 액체는 고화되어 성형성 액체와 접촉하는 템플레이트의 표면의 형상에 일치하는 패턴을 갖는 단단한 층을 형성한다. 고화 후, 템플레이트는 단단한 층으로부터 분리되어 템플레이트와 기판이 이격된다. 다음에 기판과 고화된 층은 고화된 층의 패턴에 대응하는 양각 이미지를 기판에 전사하기 위한 추가의 공정을 거치게 된다.

**도면의 간단한 설명**

- [0006] 도 1은 몰드와 기판이 이격되어 있는 리소그래피 시스템의 단순화된 측면도이다.
- 도 2는 패턴형성된 층이 위에 있는 도 1에 도시된 기판의 측면도이다.
- 도 3은 임프린트 리소그래피 공정에서 임프린팅 표면을 복제하기 위한 공정을 도시하는 순서도이다.
- 도 4는 유체 맵(fluid map)의 생성을 묘사하는 순서도이다.
- 도 5는 유체 맵으로부터 유체 드롭(drop) 패턴의 생성을 묘사하는 순서도이다.
- 도 6a는 패턴형성된 층의 유체 맵과 초기 드롭 위치들을 도시한다.
- 도 6b는 도 6a에서 패턴형성된 층의 최적화된 드롭 위치들을 도시한다.
- 도 6c는 도 6b에서 단일 드롭 패턴으로부터 만들어진 이동된 단일 드롭 패턴과 중첩되어 형성된 다중 드롭 패턴을 도시한다.
- 도 6d는 최적화 과정을 거친 후의 도 6c의 다중 드롭 패턴을 도시한다.
- 도 7은 중심 보로노이 조각화(centroidal Voronoi tessellation; CVT) 과정에 의해 생성된 복합 패턴형성된 영역의 단일 드롭 패턴을 도시한다.
- 도 8은 복합 패턴형성된 영역에서 관심의 특징부 상에 유체 드롭을 배치하기 위한 과정을 도시하는 순서도이다.
- 도 9a는 체적 전이 가중치 없이 패턴형성된 표면에 대해 계산된 보로노이 영역에서 드롭 위치들을 묘사한다.
- 도 9b는 체적 전이 가중치를 더하여 패턴형성된 표면에 대해 계산된 보로노이 영역에서 드롭 위치들을 묘사한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0007] 도면들, 특히 도 1을 참고하면, 기판(12) 위에 양각 패턴을 형성하기 위해서 사용된 리소그래피 시스템(10)이 예시되어 있다. 기판(12)은 기판 척(14)에 결합될 수도 있다. 예시하는 바와 같이, 기판 척(14)은 진공 척이다. 그러나, 기판 척(14)은 진공, 핀형, 흡형, 전자기, 및/또는 기타 다른 것들을 포함하나, 이에 제한되지 않는 어떤 척도 될 수 있다. 예가 되는 척들은 여기에 참고문헌으로 포함되는 미국특허 No. 6,873,087에 기술되어

있다.

- [0008] 기관(12) 및 기관 척(14)은 스테이지(16)에 의해 더 지지될 수 있다. 스테이지(16)는 x-, y-, 및 z-축을 따라서 움직임을 제공할 수 있다. 스테이지(16), 기관(12), 및 기관 척(14)은 또한 베이스(도시 않음)에 위치될 수도 있다.
- [0009] 기관(12)으로부터 이격되어 템플레이트(18)가 있다. 템플레이트(18)는 일반적으로 그로부터 기관(12)을 향하여 연장되는 메사(20)를 포함하고, 메사(20)는 그 위에 패턴형성 표면(22)을 갖는다. 또한, 메사(20)는 몰드(20)로도 언급된다. 템플레이트(18) 및/또는 몰드(20)는 용융 실리카, 석영, 규소, 유기 중합체, 실록산 중합체, 붕규산유리, 플루오로카본 중합체, 금속, 경화 사파이어, 및/또는 기타 다른 것들을 포함하며 이들에 제한되지 않는 이러한 재료로부터 형성될 수 있다. 예시한 바와 같이, 패턴형성 표면(22)은 복수의 이격된 오목부(24) 및/또는 돌출부(26)에 의해 규정된 피처를 포함하나, 본 발명의 구체예는 이러한 구성들에 제한되지 않는다. 패턴형성 표면(22)은 기관(12)에 형성시킬 패턴의 토대를 형성하는 어떤 원래의 패턴도 규정할 수 있다.
- [0010] 템플레이트(18)는 템플레이트 척(28)에 결합될 수 있다. 템플레이트 척(28)은 진공, 핀형, 홈형, 전자기, 및/또는 다른 유사한 척 유형들로서 구성될 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 예가 되는 척들은 여기에 참고문헌으로 포함되는 미국특허 6,873,087에 더 기술되어 있다. 또한, 템플레이트 척(28)은 임프린트 헤드(30)에 결합되어 템플레이트 척(28) 및/또는 임프린트 헤드(30)가 템플레이트(18)의 이동을 용이하게 하도록 구성될 수 있다.
- [0011] 시스템(10)은 유체 분배 시스템(32)을 더 포함한다. 유체 분배 시스템(32)은 기관(12) 위에 중합성 재료(34)를 부착시키기 위해 사용될 수 있다. 중합성 재료(34)는 드롭 분배, 스핀-코팅, 침지 코팅, 화학증착(CVD), 물리증착(PVD), 박막 부착, 후막 부착 및/또는 기타와 같은 기술들을 사용하여 기관(12)에 위치될 수 있다. 중합성 재료(34)는 설계 고려사항에 따라 몰드(22)와 기관(12) 사이에 원하는 공간이 규정되기 전 및/또는 후에 기관(12) 위에 배치될 수 있다. 중합성 재료(34)는, 모두 여기에 참고문헌으로 포함되는 미국특허 No. 7,157,036 및 미국 특허출원 공개 No. 2005/0187339에 기술된 것과 같은 단량체 혼합물을 포함할 수도 있다.
- [0012] 도 1 및 도 2를 참고하면, 시스템(10)은 경로(42)를 따라 에너지(40)를 향하게 하도록 결합된 에너지원(38)을 더 포함한다. 임프린트 헤드(30)와 스테이지(16)는 경로(42)와 겹쳐서 템플레이트(18)와 기관(12)을 위치시키도록 구성될 수 있다. 시스템(10)은 스테이지(16), 임프린트 헤드(30), 유체 분배 시스템(32) 및/또는 에너지원(38)과 통신하는 프로세서(54)에 의해 조정될 수 있고, 메모리(56)에 저장된 컴퓨터 판독가능 프로그램에서 작동될 수 있다.
- [0013] 임프린트 헤드(30), 스테이지(16), 또는 둘 다는 몰드(20)와 기관(12) 사이의 거리를 다양하게 하여 그것들 사이에 중합성 재료(34)가 채워지는 원하는 공간을 규정할 수 있다. 예를 들면, 임프린트 헤드(30)는 템플레이트(18)에 힘을 가하여 몰드(20)가 중합성 재료(34)와 접촉하도록 할 수도 있다. 원하는 공간이 중합성 재료(34)로 채워진 후, 에너지원(38)은 에너지(40), 예를 들면, 광대역 자외선 복사선을 내어, 중합성 재료(34)를 고화 및/또는 가교결합되도록 하여 기관(12)의 표면(44)과 패턴형성 표면(22)의 형상에 일치시켜, 기관(12) 위에 패턴형성된 층(46)을 규정한다. 패턴형성된 층(46)은 잔류 층(48)과 돌출부(50)와 오목부(52)로서 나타낸 복수의 피처를 포함할 수 있고, 돌출부(50)는 두께( $t_1$ )를 갖고, 잔류층은 두께( $t_2$ )를 갖는다.
- [0014] 상기한 시스템 및 방법은 미국특허 No. 6,932,934, 미국 특허출원 공개 No. 2004/0124566, 미국 특허출원 공개 No. 2004/0188381, 및 미국 특허출원 공개 No. 2004/0211754에 언급된 임프린트 리소그래피 공정 및 시스템에서도 또한 사용될 수 있고, 이들 각각은 여기에 참고문헌으로 포함된다.
- [0015] 템플레이트(18)와 기관(12) 사이에 중합성 재료(34)를 위치시키는 한 방식은 기관(12)의 표면(44)에 중합성 재료(34)의 소적을 다수 침착시키는 것일 수 있다. 이후, 중합성 재료(34)가 템플레이트(18)와 기관(12)과 동시에 접촉되어 기관(12)의 표면에 중합성 재료(34)가 퍼질 수 있다. 이 과정 동안 기관(12)에 대한 템플레이트(18)의 배향이 한 인자(factor)가 될 수 있다.
- [0016] 추가의 구체예에서, 상기 언급된 것은 어떤 공지의 기술에서, 예를 들어 포토리소그래피(G 라인, I 라인, 248nm, 193nm, 157nm 및 13.2-13.4nm를 포함하는 다양한 파장), 접촉 리소그래피, e-빔 리소그래피, x-선 리소그래피, 이온-빔 리소그래피 및 원자 빔 리소그래피에서 사용될 수 있다.
- [0017] 모두 여기에 참고문헌으로 포함되는 미국 특허출원 No. 11/143,092, 발명의 명칭 "나노 규모 제조를 위한 유체 디스펜싱 및 드롭-온-디펜드 디스펜싱"으로 제출된 미국 특허출원 공개 No. 2005/0270312, 및 미국 특허출원 No. 10/714,088, 발명의 명칭 "고속 충전 및 작업량을 달성하기 위한 디스펜스 기하구조"로서 제출된 미국 특허출원 공개 No. 2005/0106321에 설명된 현행 임프린트 리소그래피 시스템 및 방법은 드롭-온-디펜드 기술을 사용

하여 임프린팅 전에 기판 위에 중합성 재료의 드롭을 배치한다. 이 유체 디스펜서는 유체를 분리된 체적들로 나누어 다른 위치들에 디스펜스한다. 이 방법은 이러한 제약이 있는 드롭-온-디맨드 용도를 이용하는 어떤 임프린트 시스템에도 유용하다.

[0018] 여기에 참고문헌으로 포함되는 미국 특허출원 공개 No. 2007/0141271은 바다 상에서 유체의 분포를 제어하는 방법을 설명한다. 이 방법은 기판 위에 일련의 액체 패턴을 생성하는 단계를 포함하며, 각 열은 복수의 이격된 액체 영역을 포함하고, 인접 액체 영역 사이에는 보이드가 한정된다. 이 열에서 두 번째 액체 패턴은 서로 연계된 액체 영역들이 열의 첫 번째 액체 패턴의 보이드와 중첩되도록 배열된다.

[0019] 여기에 설명된 대로, 유체 드롭 패턴은 임프린트 리소그래피 공정에서 임프린팅(예를 들어, 패턴형성) 표면과 함께 사용하기 위해 생성될 수 있다. 드롭 패턴에 따라서 기판에 중합성 재료가 적용된 경우, 중합성 재료는 임프린팅 공정 동안 임프린팅 표면의 피쳐들을 실질적으로 완전히 충전한다. 중합 후, 임프린팅 표면이 패턴형성된 층에 성공적으로 복제되고(예를 들어, 패턴형성된 층에 있는 돌출부들의 크기와 모양이 임프린팅 표면에 대응 홈들이 존재할 경우 이들의 크기 및 모양과 실질적으로 일치한다), 잔류 층은 바람직한 실질적으로 균일한 두께를 가진다.

[0020] 여기에 사용된 "드롭 위치"는 데카르트 평면  $R^2$ 의  $x, y$  좌표이다. 일단의 활용가능한 위치들  $G$ 은 디스펜스 하드웨어와 디스펜싱 전략에 의해서 결정된다. 디스펜싱 전략은 시스템의 물리적 디스펜서, 또는 헤드의 수와 통과가 허용된 스테이지의 수를 포함한다.

[0021] 유체 맵  $M$ 은 복셀 또는 볼륨 픽셀의 3-차원(3D) 그리드를 포함한다. 그리드의 각 요소는  $x, y$  좌표를 따른 2-차원 위치뿐만 아니라 해당 그리드 위치에서의 유체 체적 요건을 표시한다. 각 디스펜서는 이상적 체적  $v_{ideal}$ 을 갖지만, 유효 디스펜스 체적은 상이할 수도 있다. 이런 변동은 디스펜서 자체의 조립상태와 기계작동의 변동 그리고 디스펜스된 후의 유체 증발로 인한 것이다. 증발량, 또는 체적 손실은 유체의 화학적 조성, 국소화된 공기 속도, 및 웨이퍼 상에서 유체의 공간적 분포와 관련된다. 이런 효과들은 유체 맵에 체적 변형 함수  $f$ 를 적용함으로써 모델링되고 보정될 수 있다. 일부 경우, 이 함수는 항등 변환이다. 간단한 변환에서,  $f$ 는 필요한 체적에 스칼라 보정을 적용한다.

[0022] 유체 맵  $M$ , 드롭 체적 함수  $f$ , 및 일단의 가능한 드롭 위치들  $G$ 가 주어진 경우, 목표는 장소들  $P$ 를 확인하는 것인데, 여기서  $P \subset G$ 이고, 이것을 사용하여  $M$ 에 특정된 공간적 체적 분포와 일치하도록 드롭들을 할당할 수 있다. 더 공식화하면,  $P$ 는 다음 최적화 문제의 해이다.

$$\text{최소화 } \sum_{i=1}^n \|p_i - z_i\|_2^2$$

$$\sum_{k \in \Omega_i} f(M_k) = v_{ideal} \text{ 를 거른다.}$$

$$p_i \subset G$$

여기서, 드롭 세 배정된 볼륨 복셀 세트는  $\Omega_i$  이다.  
 복셀  $k$ 의  $(x, y)$  위치는  $x_k$  이다.  
 드롭  $i$ 의 체적 가중 중심은  $z_i = \frac{\sum_{k \in \Omega_i} f(M_k)x_k}{\sum_{k \in \Omega_i} f(M_k)}$  이다.

[0023]

[0024] 여기에 참고문헌으로 포함되는 Aurenhammer 등의 "민코브스키형 정리 및 최소 제곱 분할", Proc. 8th ACM Symp. Computational Geometry (1992), 350-357에서 보인 대로, 최소 제곱 할당 문제로서 흔히 알려져 있는 이 문제는 최적 파워 다이어그램을 찾는 것으로서 해결될 수 있다. 이 문제의 해결은 다음 단계들을 포함할 수 있다:

[0025] 1.  $M$ 을 만족시키기 위해 필요한 드롭의 수  $n$ 을 결정한다.

[0026] 여기서  $n = \frac{1}{v_{ideal}} \sum_i^R \sum_j^C f(M, i, j)$  이다.

[0027] 2.  $n = \|P_0\|_0$  가 되도록 하는  $G$ 의 스타팅 서브셋  $P_0$ 를 선택한다.

[0028] 3.  $l = 0$ 을 설정한 후, 수렴될 때까지 다음 1~4를 반복한다.

[0029] 1. 맵  $M$ 이 주어졌을 때  $P_l$ 의 파워 다이어그램을 계산한다.

[0030] 2. 각 영역의 체적 가중된 중심에 대해  $p'_{l+1}$ 을 설정한다.

[0031] 3. G의 스냅된  $P'_{i+1}$  위치에 대해  $P_{i+1}$ 을 설정한다.

[0032] 4. 증분  $I$ .

[0033] 상기 단계 1과 3에서는 연속 도메인에서 이 문제를 분석함으로써 최적화 문제의 완화 버전을 푼다. 단계 3에서는 연속 해  $P'$ 를 분리하고, 상기 등식 (3)에서 보인 대로 두 번째 제약을 적용함으로써 물리적으로 실현가능한 해  $P$ 를 얻는다.

[0034] 이 풀이의 진행은 목적 함수의 값을 추적하고, 체적의 분포를 추적함으로써 모니터링될 수 있다. 수렴 기준은 경과 시간, 목적 함수의 값, 역치를 초과하는 제약 값 등에 기초할 수 있다. 최종 해  $P$ 는  $M$ 에 설명된 체적 요건을 실질적으로 충족하므로 잔류 층 두께 균일성에 최적인 것으로 생각된다.

[0035] 파워 다이어그램을 구축하는 과정은 보로노이 다이어그램을 구축하는 과정과 유사하다. 보로노이 다이어그램은 매트릭스 공간의 해체도로서, 이것은 해당 공간 내 대상들의 특정된 불연속적 집단까지의 거리에 의해 결정된다. 파워 다이어그램과 보로노이 다이어그램의 한 가지 차이는 파워 다이어그램에서는 각 생성장치 위치가 연계된 가중치  $\lambda_i$ 를 가진다는 점이다. 이 과정을 시작할 때 가중치는 0.0으로 초기화된 다음, 하기 등식 (4)에 따라서 갱신된다:

$$\lambda_{i+1,i} = \lambda_{i,i} + \alpha \left( \frac{\sum_{k \in \Omega_{i,i}} f(M_k)}{v_{ideal}} - 1 \right) \quad (4)$$

[0036]  $\alpha$ 의 축척 인자를 사용하여 전형적인 드롭 간 거리와 유사한 값에 가중치를 제공한다.

[0038] 보로노이 다이어그램을 구축할 때,  $M$ 의 복셀은 등식 (5)에 기초하여 영역들  $\Omega_i$ 에 분할되며, 여기서 복셀은  $P$ :

$$\|p_i - x_k\|_2 \quad (5)$$

[0040] 에서 최근접 생성장치에 할당되지만, 파워 다이어그램에서 복셀은 등식 (6):

$$\|p_i - x_k\|_2 + \lambda_i \quad (6)$$

[0042] 에서 보인 대로 최근접 가중 생성장치에 할당된다.

[0043] 도 3은 임프린트 리소그래피에서 임프린팅 표면을 복제하는 과정(300)을 도시하는 순서도이다. 블록(302)은 유체 맵을 생성한다. 블록(304)은 유체 드롭 패턴을 생성한다. 유체 드롭 패턴 생성은 드롭 위치들의 초기 세트를 사용하여 시작하는 단계, 상기 설명된 고려사항들에 인자를 적용하는 단계(예를 들어, 드롭 디스펜서 위치), 및 이것 및 다른 장치 제약과 양립될 수 있고 계면활성제 강화와 같은 템플레이트 효과를 최소화할 수 있도록 이론적 드롭 위치를 조정하는 단계를 포함한다. 블록(306)은 유체 드롭 패턴에 따라서 기관에 유체를 적용한다. 블록(307)은 유체와 템플레이트를 접촉시켜 유체(308)를 퍼트린다. 블록(308)은 유체를 고화시켜 기관 위에 패턴형성된 층을 형성한다. 유체는, 예를 들어 자외선의 적용시 고화되는 중합성 재료일 수 있다.

[0044] 도 4는 유체 맵을 생성하는 과정(302)을 더 상세히 도시하는 순서도이다. 블록(402)은 바람직한 잔류 층 두께 (402)를 결정한다. 블록(404)은 임프린팅 표면의 평가된 피쳐들을 충전하여 바람직한 두께의 잔류 층을 형성하는데 필요한 국소 유체 체적을 결정한다. 블록(405)은 유체(예를 들어, 중합성 재료의 수축), 기관(예를 들어, 표면 에너지), 유체 도포기(예를 들어, 캘리브레이션 변수들, 드롭 체적, 드롭 배치 등)의 특성들, 그외 다른 공정 변수, 및 이들의 어떤 조합을 평가하고, 이 정보를 유체 분포 맵 형성에 통합시킨다. 블록(406)은 임프린트 리소그래피 공정에서 임프린팅 표면의 성공적인 복제를 허용하는 유체 분포 맵(예를 들어, 필요한 국소 유체 부피가 표시된 유체 맵)을 형성한다. 유체(예를 들어, 증발, 중합성 재료의 수축), 기관(예를 들어, 표면 에너지), 및 유체 도포기(예를 들어, 캘리브레이션 변수들, 드롭 체적, 디스펜서 위치 등)의 특성들은 유체 맵의 생성에 사용될 수 있다.

[0045] 도 5는 선택된 임프린트 영역에 대해 유체 맵으로부터 유체 드롭 패턴을 생성하는 과정(304)을 묘사하는 순서도이다. 블록(500)은 유체 맵 전체에 다수의 드롭을 배치한다. 일부 경우, 동일한 유체 맵 셀에는 2개의 드롭 위치가 위치되지 않는다. 블록(502)은 고정된 드롭 체적을 선택한다. 고정된 드롭 체적은 드롭 도포기에 의해 결

정된다. 고정된 드롭 체적과 드롭의 수는 다수의 드롭의 드롭 체적의 합계가 유체 맵의 셀 체적의 합계와 실질적으로 동일하도록 선택된다. 일부 경우, 유체 드롭 패턴 생성은 유체 맵의 유체 분포에 적어도 대략적으로 상응하는 초기 드롭 패턴을 선택함으로써 촉진된다.

[0046] 유체 맵이 실질적으로 균일한 체적 분포를 나타내는 경우(예를 들어, 임프린팅 표면이 실질적으로 "패턴형성되지 않거나", 또는 의도적인 돌출부와 홈이 없는 경우), 각 유체 맵 셀과 연계된 유체 체적은 실질적으로 동일할 수 있다. 그러나, 유체 맵이 불균일한 체적 분포를 나타내는 경우(예를 들어, 임프린팅 표면이 "패턴형성되거나", 또는 의도적인 돌출부와 홈이 있는 경우), 유체 맵 셀과 연계된 유체 체적은 셀과 연계된 임프린팅 표면의 피처에 기초하여 변할 수 있다. 이 경우, 유체 맵 셀을 충전하기 위해 선택된 이론적 드롭의 부피도 셀과 연계된 임프린팅 표면의 피처와 셀의 크기에 기초하여 변할 수 있다.

[0047] 일부 유체 도포기에서 요구되는 바, 임프린팅 영역에서는 바람직한 불균일한 체적 분포를 달성하면서 유체 드롭 패턴에서는 실질적으로 균일한 드롭 체적을 허용하기 위해서, 블록(504)은 일련의 변형된 로이드(Lloyd) 법을 반복 수행할 수 있다. 로이드 법은 여기에 참고문헌으로 포함되는 "페이퍼 상의 랜덤 마크, 작은 프리미티브의 비실사 렌더링", Adrian Secord, Master's Thesis, The University of British Columbia, Oct. 2002에서 설명된다. 이 방법은 임프린팅 영역에서 발생한 지점들의 보로노이 다이어그램을 작성하는 단계, 다이어그램에서 각 보로노이 영역의 중심을 계산하는 단계 및 발생한 각 지점을 그것의 중심으로 이동시키는 단계를 포함한다.

[0048] 여기서 사용된 변형된 로이드 법의 반복은 드롭 패턴의 보로노이 테셀레이션을 수행하는 단계를 포함한다(즉, 드롭 패턴을 어떤 다른 드롭보다 해당 드롭에 더 가까운 영역들로 파괴하는 것). 다음에, 드롭을 로이드 법에서와 같이 그것의 보로노이 영역의 질량 중심으로 이동시키는 대신에, 드롭이 질량의 보로노이 영역 중심의 전부의 가중 평균과 일치하는 위치로 이동된다. 각 질량 중심은 체적 결손과 두 드롭의 보로노이 영역의 질량 중심 간 거리에 기초하여 가중된다. 로이드 법의 이런 변형은 드롭 위치들이 드롭 밀도가 기저 유체 맵의 유체 밀도에 근사하는 결과로 수렴하도록 한다. 로이드 법이 이렇게 변형되지 않는다면, 드롭들은 기저 유체 밀도 변화에 반드시 일치하지는 않는 좀 차이가 있는 해로 수렴한다.

[0049] 변형된 로이드 법의 반복은 유체 맵에 기초한 드롭 분포를 근사 중심 보로노이 테셀레이션에 기초한 분포로 변형하며, 여기서 드롭 위치와 연계된 변형된 유체 맵 셀(이제는 보로노이 영역)의 체적이 고정된 체적에 가까워진다. 반복은 사용자가 개입하거나, 수렴 기준이 충족되거나, 또는 미리 정해진 시간 길이가 경과될 때까지 계속될 수 있다. 블록(506)은 최적화 방법의 수렴 후 단일 유체 드롭 패턴을 생성한다.

[0050] 스타팅 세트  $P_0$ 가 결정된 대로 생성된다면, 단일의 유일한 해가 존재할 것이다. 그러나, 스타팅 세트  $P_0$ 가 무작위로 결정된다면, 해들은 유사하지만 상이할 것이다. 이 방식에서, 전체적 최적조건을 찾기 위한 과정의 무능성은 G의 상이한 서브셋을 사용한 유사한 퀄리티의 일단의 드롭 패턴들의 생성하기 위해 활용될 수 있다.

[0051] 중심 보로노이 테셀레이션(CVT) 과정에서 생성된 단일 드롭 패턴을 사용하여 추가의 드롭 패턴을 형성할 수 있으며, 이들을 각각 독립적으로 사용하여 임프린팅 영역의 바람직한 적용범위를 제공할 수 있다(예를 들어, 연속 제작 단계 동안 무작위로 또는 선택된 순서로). 예를 들어, 단일 드롭 패턴이 복제되고, 제 1 방향으로 어떤 거리만큼 평행 이동될 수 있다. 블록(508)은 단일 유체 드롭 패턴을 이동시켜 일단의 이동된 단일 드롭 패턴을 형성한다. 단일 드롭 패턴을 복제하고, 1 이상의 추가 방향(예를 들어, 제 2, 제 3, 또는 제 4 방향)으로 평행 이동시킴으로써 다중 이동된 드롭 패턴이 형성될 수 있다. 다음에, 이동된 드롭 패턴들이 중첩되어 다중 드롭 패턴(510)을 형성할 수 있으며, 이것은 각 드롭과 그것이 기원한 드롭 패턴의 연계성을 보유한다.

[0052] 블록(510)은 이동된 유체 드롭 패턴을 중첩시켜 다중 드롭 패턴을 형성할 수 있다. 다음에, 블록(512)이 제 2 최적화를 수행하거나, 또는 이중 CVT 과정에서 변형된 로이드 법 반복 라운드를 수행할 수 있다. 이 제 2 최적화는 이동된 드롭 위치들이 초기 유체 맵을 근사하여 균일한 거리로 퍼지도록 한다.

[0053] 블록(514)은 변형된 로이드 법의 두 번째 반복 및 수렴 후에 다중 유체 드롭 패턴을 생성한다. 다음에, 이 다중 유체 드롭 패턴이 각 드롭 위치가 그것이 기원했던 이동된 패턴과 연계되는 방식으로 해체될 수 있다. 이 과정에 의해, 예를 들어 연속적으로 또는 어떤 바람직한 순서로 실행될 수 있는 4개의 조정된 이동된 패턴들이 얻어진다. 연속 임프린트 동안 불균일성 및 계면활성제 강화와 같은 효과를 감소시키기 위해, 이동된 패턴들이 각 드롭 패턴에 대한 개별 반복과 조합될 수 있고(예를 들어, 교대될 수 있고), 적합한 가중 인자가 각 타입의 반복에 적용될 수 있다. 또한, 일단의 조정된 단일 드롭 패턴들의 사용은 반복된 임프린팅 동안 드롭들 사이의 간극 영역으로부터 기체의 더 완전한 배출을 촉진할 수 있다.

[0054] 다중 드롭 패턴이 유리하지 않은 경우, 단일 드롭 패턴이 사용될 수 있으며, 이동된 드롭 패턴의 형성은 필요하

지 않다. 하나의 드롭 패턴이 사용되든 다중 드롭 패턴이 사용되든, 반복이 완료된 후에, 유체는 선택된 유체 드롭 패턴에 따라서 기관(306)에 적용되며, 이때 각 드롭은 반복 최적화 과정에서 결정된 대로 활용가능한(예를 들어, 최근접 활용가능한) 유체 디스펜서 위치와 일치된다. 다음에, 유체 드롭 패턴에 따라서 침착된 유체가 임프린팅 표면과 접촉되고 중합되어(308) 기관 위에 중합된 층을 형성한다.

[0055] 도 6a는 유체 맵(600)을 도시한다. 유체 맵(600) 내에는 몇 개 영역들이 있으며, 영역(602)은 실질적으로 균일한 깊이를 가지고, 영역(604)은 영역(602)과 관련하여 홈 형상이며, 영역(606)은 영역(602)과 관련하여 더 깊은 홈 형상이고, 영역(608)은 영역(602)과 관련하여 돌출되어 있다. 초기 드롭 위치들(610)은 균일하게 이격되어 있다. 최적화, 또는 변형된 로이드 법의 적용에 의해 612로서 하기 도 6b에 도시된 대로 최적화된 드롭 위치들이 얻어지며, 이때 영역(602)의 드롭 밀도와 비교하여 영역(604 및 606)에서는 드롭 밀도가 증가하고, 영역(608)에서는 드롭 밀도가 감소한다.

[0056] 다중 드롭 패턴이 다수의 중첩된 단일 드롭 패턴(예를 들어, 4)으로부터 형성될 수 있다. 도 6c를 보면, 드롭(612)이 중복되고, 상이한 4 방향으로 이동되어 드롭 위치(612, 614, 616, 및 618)로 표시된 4개의 단일 드롭 패턴을 형성한다. 다중 드롭 패턴(620)은 이 4개의 단일 드롭 패턴을 중첩시킴으로써 형성된다. 두 번째 연속 반복 과정(이중 CVT)이 다중 드롭 패턴(620)에 적용되어, 이동된 단일 드롭 패턴(612, 614, 616, 및 618)의 드롭 위치들이 서로에 대해 최적화되어, 도 6d에 도시된 조정된 이동된 드롭 패턴(612', 614', 616', 및 618')이 각각 형성된다. 이 최적화를 사용하여 이동된 단일 드롭 패턴의 드롭 위치들의 상대적 배치를 조정하여 드롭 위치들이 중복되는 연속 임프린팅에서 계면활성제 강화와 같은 바람직하지 않은 템플레이트 효과를 감소시킬 수 있다. 또한, 최적화는 계산된 드롭 위치를 유체 디스펜서 위치와 "스냅"시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0057] 조정된 단일 드롭 패턴(612', 614', 616', 및 618')은 조정된 단일 드롭 패턴의 어떤 바람직한 변동과 함께 어떤 순서로 개별적으로 사용될 수 있으며, 이로써 제작 동안 연속 임프린팅을 위해 기관에 유체를 적용할 수 있다. 예를 들어, 도 6d에 묘사된 드롭들이 제 1 서브셋(예를 들어, 1/4)이 제작 동안 기관에 적용될 수 있다. 후속 과정에서, 도 6d에 묘사된 드롭들의 제 2 서브셋이 제작 동안 또 다른 기관에 적용될 수 있고, 계속 이런 방식으로 진행될 수 있으며, 이 경우 상이한 디스펜서 위치들은 무작위로 또는 4개의 조정된 단일 드롭 패턴의 순서대로 차례대로 사용되게 된다.

[0058] 드롭 패턴의 효능은 보로노이 영역에서의 유체 체적 분포에 의해 정량될 수 있다. 수렴 기준은 최대 보로노이 영역 체적 또는 보로노이 영역 체적의 표준편차의 형태를 취할 수 있다. 또한, 이것을 사용하여 이동된 드롭 패턴을 생성하고 유체 디스펜서나 도포기 위치들에 드롭 패턴의 이론적 드롭 위치들을 일치시킴으로써(또는 "스냅"함으로써) 유도된 오차를 정량할 수 있다.

[0059] 도 7은 CVT 과정에 의해 생성된 단일 드롭 패턴(702)의 유체 맵(700)을 도시한다. 유체 맵(700)은 9개의 실질적으로 유사한 셀을 포함하며, 음영 영역은 임프린팅 표면의 피처(704)를 나타낸다. 유체 맵의 다른 영역들은 임프린팅 표면의 실질적으로 패턴형성되지 않은 영역들에 상응할 수 있으며, 바람직한 잔류 층을 형성할 수 있는 유효량의 유체를 필요로 한다. 드롭 위치들(706)이 보로노이 영역(708)에 도시된다. 도 7에 나타난 대로, 드롭 밀도는 유체 맵(700)의 가까운 피처(704)에서 더 높다(즉, 임프린팅 표면에서 피처가 있는 가까운 영역)

[0060] 도 7에서 보인 대로, 보로노이 영역(708)이 항상 유체 맵(702)의 피처(704)에 중심이 있지는 않다. 특히, 피처(704)에 주로 배정되는 드롭들은 피터의 데카르트 방향을 따라 정렬되지 않을 수도 있다. 일부 경우, 유체 맵에서 피처들이 확인될 수 있으며, 드롭 패턴은 드롭 위치들이 피처들과 실질적으로 정렬되도록 생성되어, 피처 충전 속도를 높여서 임프린팅 리소그래피 공정 동안 작업량을 높일 수 있다.

[0061] 드롭 위치들이 피처들과 실질적으로 정렬된 드롭 패턴은 파워 중심 보로노이 테셀레이션(PCVT)을 포함하는 방법에 의해 계산될 수 있다. 도 8은 PCVT(800)의 과정의 순서도이다. 블록(802)은 유체 맵에 피처들을 위치시킨다. 블록(804)은 피처에 드롭을 이론적으로 배치하거나, 아니면 시뮬레이션한다. 블록(806)은 드롭 배치를 최적화한다. 한 실시형태에서, 블록(802-806)은 다음 순서로 실행될 수 있다:

[0062] 1. M에 존재하는 모든 분리된 피처의 리스트  $L_{all}$ 을 생성한다.

[0063] 2. 제 1 규칙 세트  $r_1$ 을 적용하여 임포트 피처의 서브셋을 표적화한다.

[0064] 
$$L_I = r_I(L_{all})$$

[0065] 3. 제 2 규칙 세트  $r_{nc}$ 를 적용하여 비-블록 피처를 확인하며,

[0066] 
$$L_{nc} = r_{nc}(L_I)$$

[0067] 이로써

[0068] 
$$L_I = L_C \cup L_{nc}$$

[0069] 이 된다.

[0070] 4.  $L_{nc}$ 에서 각 비-블록 피처에 대해,

[0071] i. 피처를 블록형 서브-피처로 분할한다.

[0072] 
$$L_{sub} = ncut(L_{nc})$$

[0073] ii.  $r_1$ 을  $L_s$ 에 적용하여  $L_{sub1}$ 을 찾는다.

[0074] 
$$L_{sub1} = r_1(L_{sub})$$

[0075] iii.  $r_{nc}$ 를 다시 적용하여 비-블록 피처를 확인한다. 모든 피처가 블록형이 될 때까지 단계 i와 ii를 반복한다.

[0076] iv. 모든 블록형 피처의 세트에 새로운 블록형 서브-피처 세트를 덧붙인다.

[0077] 
$$L_C = L_C \cup L_{sub1}$$

[0078] 5.  $F' = \{\}$ 를 설정한 후,  $L_C$ 에서 각 피처에 대해,

[0079] i. 제 3 규칙 세트  $r_s$ 를 적용하여 피처를 서브-피처의 규칙적인 그리드로 분할한다.

[0080] ii. 각 서브-피처의 중심 상의 드롭  $d$ 에 배치한다.

[0081] iii. 이 드롭 위치를 피처 드롭 세트에 덧붙인다.

[0082] 
$$F' = F' \cup d$$

[0083] 6.  $G$ 의 스냅된 드롭 위치  $F'$ 로  $F$ 를 설정한다.

[0084] 7.  $M$ 의 체적 요건을 만족시키기 위해 필요한 추가 드롭의 수  $m$ 을 계산한다.

[0085] 
$$m = \frac{1}{V_{ideal}} \sum_i^R \sum_j^C f(M, i, j) - \|F\|_0$$

[0086] 8.  $m = \|R_0\|_0$  이 되도록  $G$ 의 스타팅 서브셋  $R_0$ 를 선택한다.

[0087] 9. 
$$P_0 = F \cup R_0$$

[0088] 10.  $l = 0$ 을 설정한 후, 수렴할 때까지 다음 i~v를 반복한다.

[0089] i. 생성자  $P_l$ 을 사용하여 주어진 맵  $M$ 의 파워 다이어그램을 작성한다.

[0090] ii.  $R_0$ 에 존재하는 드롭들에 대해 각 영역의 체적 가중 중심에  $R'_{l+1}$ 을 설정한다.

[0091] iii.  $G$ 의 스냅된  $R'_{l+1}$  위치에  $R_{l+1}$ 을 설정한다.

$$P_{l+1} = F \cup R_{l+1}$$

[0092] iv.

[0093] v. 증분  $l$ .

[0094] 블록(802)에서 "피처"는 국소 유사성을 가진 영역들로서 생각될 수 있다. 따라서, 유체 맵에서 피처를 찾는 것은 비통계형 클러스터링 문제로서 프레임이 구성될 수 있다. 분광 클러스터링,  $k$ -평균 클러스터링 등과 같은 많은 클러스터링 방법들이 존재한다. 적용될 수 있는 한 가지 클러스터링 방법이 하기 설명된다:

[0095] 입력:

[0096] 픽셀 이웃 함수  $\Omega$

[0097] 디폴트는 노스, 사우스, 이스트, 웨스트

[0098] 유체 맵  $M$ ,  $n = r \times c$  복셀

[0099] 체적 변화 역치  $\sigma$

[0100] 출력:

[0101]  $k \times n$  매트릭스,  $n$ 은 0이 아닌 값이고, 각 칼럼의 합은 1이다.  $k$ 번째 피처에 할당된 복셀은  $k$ 번째 열에서 1을 가진다.

[0102] 과정:

[0103] 1.  $M$ 으로부터 친화성 매트릭스  $A$ 의 구축

[0104]  $A$ 는  $n \times n$ 의 크기이며, 이때

$$A_{i,j} = \begin{cases} e^{\left(\frac{-|M_i - M_j|^2}{\sigma^2}\right)} & j \in \Omega_i \\ 0 & \text{그렇지 않으면} \end{cases}$$

[0105]

[0106] 이다.

[0107] 2. 각  $i, j$ 에서  $A$ 의 깊이-우선 순회를 수행한다.  $A_{i,j} \geq 0.5$ 인 경우,  $A_{i,j}$ 는  $k$ 번째 클러스터에 할당된다. 일단  $A_{i,j}$ 가 할당되면 그것은 재할당될 수 없다. 각 순회가 종료한 후의 증분은  $k$ 이다.

[0108] 메모리 요건을 줄이기 위해, 친화성 매트릭스가 깊이-우선 순회 동안 플라이 위에 구축될 수 있다. 출력 할당 매트릭스는 희소 매트릭스 데이터 구조에 저장될 수 있다.

[0109] 기본 과정의 확장이 가능하다. 클러스터링 거동은, 예를 들어 친화성 함수를 변화시키고, 이웃 함수를 변화시킴으로써 변형될 수 있다. 일부 경우, 이웃 함수를 완화시켜 복셀 스킵을 허용하는 것이 유용하다. 이것은 몇 개의 작은 분리된 피처들이 대형 메타 피처를 형성하는 경우에 어느 정도의 국소화된 클러스터링을 제공한다.

[0110] 친화성 함수는 함수  $g$ 가 유체 맵에 적용될 수 있도록 변화될 수 있다.

$$A_{i,j} = e^{\left(\frac{-|g(M_i) - g(M_j)|^2}{\sigma^2}\right)} \tag{7}$$

[0111]

[0112] 현재 활용가능한 한 가지  $g$  함수는 관심의 복셀 주변의 영역을 평균한다. 또 다른 실행 함수는 체적 역치를 적용함으로써 유체 맵을 바이너리 이미지로 전환한다.

[0113] 피처(804)에 드롭을 배치하는데 있어서 총 복셀 면적, 바운딩 박스 면적, 총 체적, 애스펙트 비 등과 같은 통계값들이 각 피처에 대해 계산될 수 있다. 규칙은 피처의 이러한 통계값들을 인용할 수 있다. 다음에, 사용자가 각 피처에 대해 처리된 일단의 규칙을 기입함으로써 상이한 피처를 확인하거나 배제할 수 있다.

[0114] 상기 설명된 대로, 제 1 규칙 세트  $r_1$ 을 사용하여 피처를 확인하거나, 또는 반대로 원치 않는 피처를 버릴 수 있다. 버려야 할 피처들은 너무 작아서 안전하게 무시될 수 있는 것들, 또는 너무 커서 표준 최적화 루틴에 의해 가장 잘 다뤄질 수 있는 것들을 포함할 수 있다.

[0115] 제 2 규칙 세트  $r_{nc}$ 는 휴리스틱을 인코딩하여 비-블록 피처를 결정한다. 이것은 전형적으로 체적을 가진 복셀 수를 피처의 바운딩 영역 내에 있는 총 복셀 수와 비교함으로써 행해진다. 피처가 비-오목형이라고 간주되면, 그것은 모든 세그먼트 또는 서브-피처가 오목형이 될 때까지 분광 클러스터링의 정규화 컷 버전을 이용하여 회귀 방식으로 세그먼트화된다. 분광 클러스터링은 Ng 등의 "분광 클러스터링에 대해: 분석 및 알고리즘", *Advances in Neural Information Processing Systems 14:2001*과 von Luxburg의 "분광 클러스터링 지도서", *Statistics and Computing*, 17 (4) 2007에 설명되며, 이들은 둘 다 여기에 참고문헌으로 포함된다.

[0116] 일부 경우, 하나 이상의 드롭 위치가 미리 정해질 수 있다. 이러한 미리 정해진 드롭 위치는, 예를 들어 임프린팅 표면의 결함 조사나 분석에 기초하여 선택될 수 있다. 일부 경우, 결함 조사를 사용하여 충분히 충전되지 않은 영역들을 찾을 수도 있다. 이러한 결과들을 사용하여 미리 정해진 드롭 위치를 한정하고, 필요에 따라 이 영역들을, 예를 들어 결함 데이터를 후 처리하거나 클러스터링하여 유체 체적이 불충분한 더 일반적인 영역들을 찾은 다음, 이들 장소에 드롭을 배치함으로써 충전할 수 있다.

[0117] 일부 경우, 최적화 루틴의 거리 (높) 함수는 템플레이트 피처를 고려하여 변형될 수 있다. 이것은 회전 타원 보로노이 영역과 체적 전이 가중치를 커버한다. 또한, 다른 분석 방법(예를 들어, 분광 클러스터링)을 사용해서도 유체 맵에서 관심의 피처들을 찾은 다음, 다른 알고리즘으로 드롭을 어디에 배치할 것인지 판단하여 피처들을 충전할 수 있다. 다음에, 최적화 루틴을 사용하여 특정된 위치 주변에서 나머지 드롭의 위치를 최적화할 수 있다. 또한, 기존의 반도체 도량형 정보(예를 들어, 결함 조사 데이터)를 사용하여 적절히 충전되지 않은 영역들을 찾아서 이들 영역에 드롭을 할당하고, 그 다음 최적화 루틴으로 나머지 드롭 위치를 최적화할 수 있다.

[0118] 다음에, 제 3 규칙 세트  $r_s$ 를 나머지 피처에 적용하여 해당 피처의 세그먼트화 그리드를 결정할 수 있다. 이 규칙을 사용해서는 피처 위에 맵핑될 그리드를 결정할 수 있다. 단일 드롭이 각 그리드 위치에 배정되며, 처음에는 해당 세그먼트의 체적 가중 중심 상에 배치된다. 다음에, 이 위치가 G의 유효 위치에 스냅된 다음, 일단의 피처 드롭들 F에 더해진다.

[0119] 블록(806)은 파워 다이어그램의 생성을 불변인 상태로 유지할 수 있다. 그러나, 이동하지 못하는 피처 드롭들 F의 존재로 인해, 이제 최적화 루틴의 성질이 변화된다. 드롭의 최소 에너지 구성은 더 이상 가능하지 않으며, 앞에서 설명된 기본 과정에 이와 같은 두 변형이 이루어질 필요가 있다.

[0120] 첫 번째 변화는 등식 (4)에 나타난 가중치 갱신에 하기 등식 (8)에 보인 대로 상한과 하한을 부여하는 것이다.

$$\lambda_{\min} \leq \lambda_i \leq \lambda_{\max} \quad (8)$$

[0121]

[0122] 하한은 그것이 보로노이 영역의 최대 직경이 합리적인 제한을 초과하는 것을 억제하기 때문에 특히 중요하다. 이런 제한이 없다면, 일부 영역은 말단에 생성장치 중심이 있는 타원 모양 동체가 될 수 있다.

[0123] 두 번째 변형은 최적 패턴의 수렴 및 선택과 관련된다. 시간의 함수로서, 생성장치 가중치에 대해 장소 상의 제한을 가지고, 시스템은 오차 제곱 합을 최소화할 것이며, 그 결과 영역 크기의 분포가 최소화될 것이다. 그러나, 이런 최소화는 명시된 제약이 없는 영역 크기 범위의 희생 하에 일어날 것이다. 많은 경우, 이것은 유체 충전이 전형적으로 영역을 충전할 수 있는 최저 속도로 제한되고, 전형적으로 드롭은 최대 체적이 할당되기 때문에 반드시 바람직한 해법은 아니다.

[0124] 일부 경우, 만났었던 과레토 최적 해법의 카피를 유지하기 위해 반복 루틴에 추가의 논리가 배치될 수 있다. 이런 패턴은 영역 크기 범위뿐만 아니라 영역 크기의 변동을 최소화한다. 다음에, (1)의 목적 함수는 다음과 같이 유효하게 된다:

$$\text{최소화} \quad \sum_{i=1}^n \|p_i - z_i\|_2^2 + \max \left( \sum_{k \in \Omega_i} f(M_k) \right) - \min \left( \sum_{k \in \Omega_i} f(M_k) \right). \quad (9)$$

[0125]

[0126] 템플레이트 상에 강한 방향성을 가진 유력한 피처의 존재는 액체 흐름에 영향을 미칠 수 있다. 상기 설명된 대

로, 유체 흐름은 대칭인 것으로 생각되었는데, 즉 생성장치 위치에서부터 바깥쪽으로 모든 방향에서 동등하게 방사상으로 흐를 수 있으며, 이것은 위에서 볼 때 원반으로 성장하는 것처럼 보인다. 그러나, 일부 경우, 템플레이트 피치가 대칭 흐름을 억제한다. 예를 들어, 크로스바 타입 메모리에 사용되는 것들과 같은 길고 좁은 격자가 실질적인 나노채널을 만들 수 있고, 이 경우 이들에 수직인 방향보다는 오히려 격자의 방향으로 유체 흐름이 훨씬 더 강해진다. 이 현상을 종합적 흐름에 통합시키기 위해, 보로노이 영역의 정의가 임의 회전 타원면을 포함하도록 확장될 수 있다.

$$\frac{x^2}{w^2} + \frac{y^2}{l^2} = 1 \quad (10)$$

[0127]

이것을 실현하기 위해, 등식 (5)의 놈 함수가 좌표 시스템 회전 R과 축 가중치 W를 포함하도록 변형된다.

[0128]

$$\|(\mathbf{x}_k - \mathbf{p}_i)\mathbf{R}_i\mathbf{W}_i\|_2 \quad (11)$$

[0129]

회전 매트릭스 R은 표준 좌표 시스템이며, 여기서 회전 각도는 템플레이트 디자인을 분석하여(예를 들어, "그래픽 데이터 시스템 II" 또는 "GDSII" 형식의 파일) 각 보로노이 영역에서의 피치의 주 방향을 결정함으로써 결정된다. 유사하게, 각 보로노이 영역에 대한 가중치 매트릭스 W<sub>i</sub>는 템플레이트 디자인의 분석을 통해서 또는 물리적 모델을 이용하여 각 드롭이나 생성장치 위치에서 유체가 어디로 흐를 것인지를 결정함으로써 생성된다.

[0130]

[0131]

이 공식은 파워 다이어그램 갱신까지 확장될 수 있으며, 타원체를 3-차원으로 확장시키고, 즉 원뿔을 만들고, 1의 고정된 z 값에서의 평가를 가정함으로써 체적 제약을 강제할 수 있다.

$$\frac{x^2}{w^2} + \frac{y^2}{l^2} = \frac{1}{\lambda^2} \quad (12)$$

[0132]

등식 (12)를 사용하여, 등식 (11)에서 보인 놈 함수에서 사용된 매트릭스는 다음과 같을 것으로 보인다:

[0133]

$$\mathbf{R}_i\mathbf{W}_i = \begin{pmatrix} \cos(\theta_i) & -\sin(\theta_i) \\ \sin(\theta_i) & \cos(\theta_i) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\lambda_i}{w_i} & 0 \\ 0 & \frac{\lambda_i}{l_i} \end{pmatrix}$$

[0134]

여기서,  $\theta_i$ ,  $w_i$ , 및  $l_i$ 는 레이아웃으로부터 결정된다.

[0135]

일부 구체예에서, 드롭 패턴은 패턴 밀도의 불연속적 변화(예를 들어, 중합성 재료로 충전될 피치의 깊이의 변화)의 효과를 포함하도록 계산될 수 있으며, 이로써 신속하고 균일한 피치 충전이 허용된다. 유체 맵에 패턴 밀도의 불연속적 변화의 효과를 포함시키기 위해, 유체 맵에 엣지가 위치되고, 엣지 맵이 형성된다. 엣지가 엣지 맵에 적용된다. 각 생성장치 위치와 복셀 사이의 체적 가중치가 계산된다. 체적 가중치 계산은 축척 인자의 초기화를 포함한다(예를 들어, 1.0로). 생성장치 좌표에서부터 유체 맵 복셀 좌표까지 라인 스캔이 수행된다. 엣지 맵에서 엣지가 교차되는 경우, 전이 타입(예를 들어, 낮은 밀도에서 높은 밀도로, 높은 밀도에서 낮은 밀도로)이 평가되고, 축척 인자가 전기 타입과 연계된 가중치와 곱해서 조정된 축척 인자가 구해진다. 이것이 엣지 가중치로서 간주될 수 있다. 생성장치에서 복셀까지의 거리가 계산되고, 이 거리를 조정된 축척 인자에 곱해서 보정된 거리를 구한다. 보정된 거리가 보로노이 다이어그램 또는 파워 다이어그램을 구축하는데 사용된다.

[0136]

[0137]

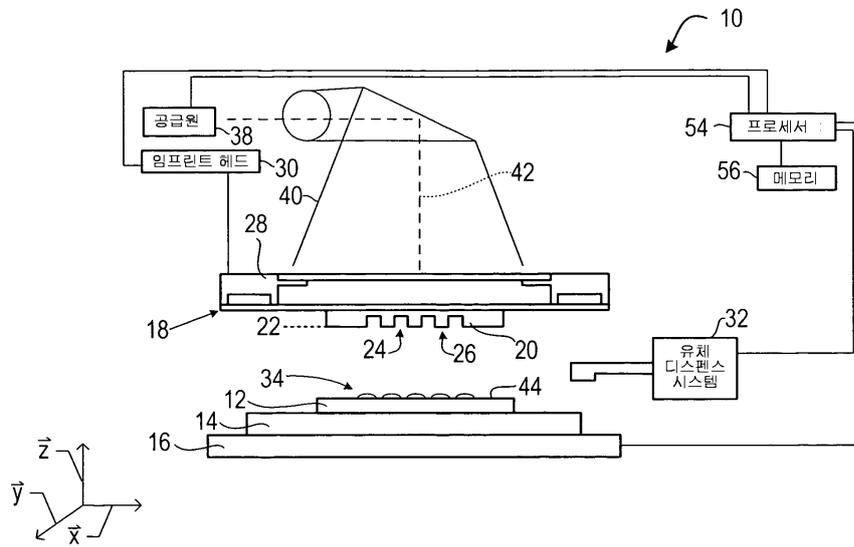
도 9a는 드롭 패턴(흑색 도트) 및 패턴형성된 표면에 대해 체적 가중치 없이 계산된 상응하는 보로노이 영역(백색 라인)을 도시한다. 패턴형성된 표면의 더 짙은 영역은 밀도가 더 높은 영역을 나타낸다. 예를 들어, 암회색 영역은 연회색 영역보다 피치를 완전히 충전하기 위해 단위면적당 더 많은 유체가 필요하다. 도 9b는 드롭 패턴 및 동일한 패턴형성된 표면에 대해 체적 전이 가중치를 사용하여 계산된 상응하는 보로노이 영역을 도시한다.

[0138]

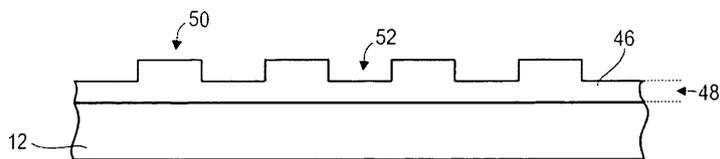
상기 설명된 본 발명의 구체예는 예시이다. 본 발명의 범위에 들어가는 범위에서 상기 인용된 개시내용에 대해 많은 변화와 변형이 이루어질 수 있다. 따라서, 본 발명의 범위는 상기 설명에 의해서 제한되어서는 안 되며, 동등물의 전 범위와 함께 첨부된 청구항들을 참조해서 결정되어야 한다.

도면

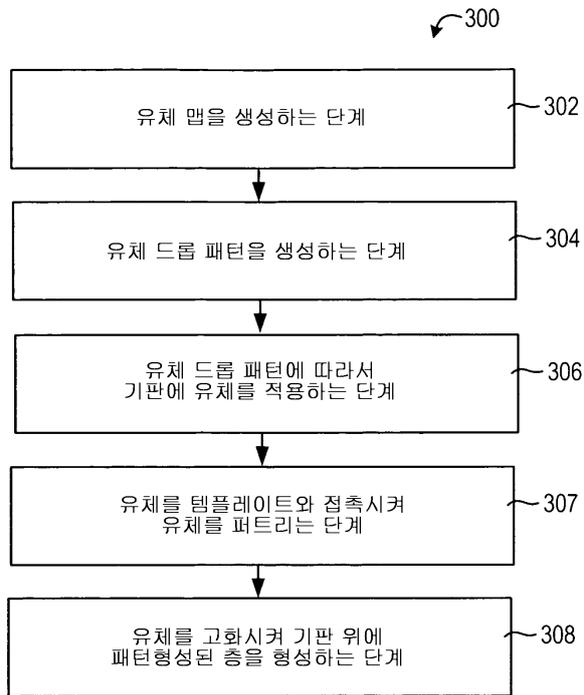
도면1



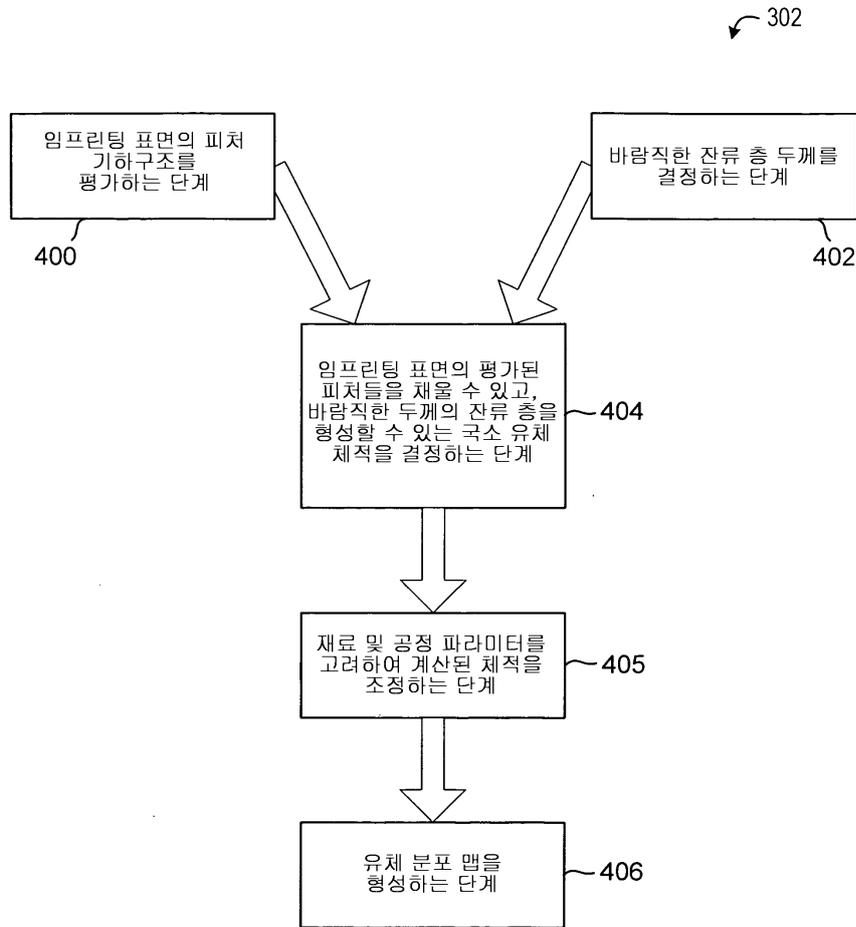
도면2



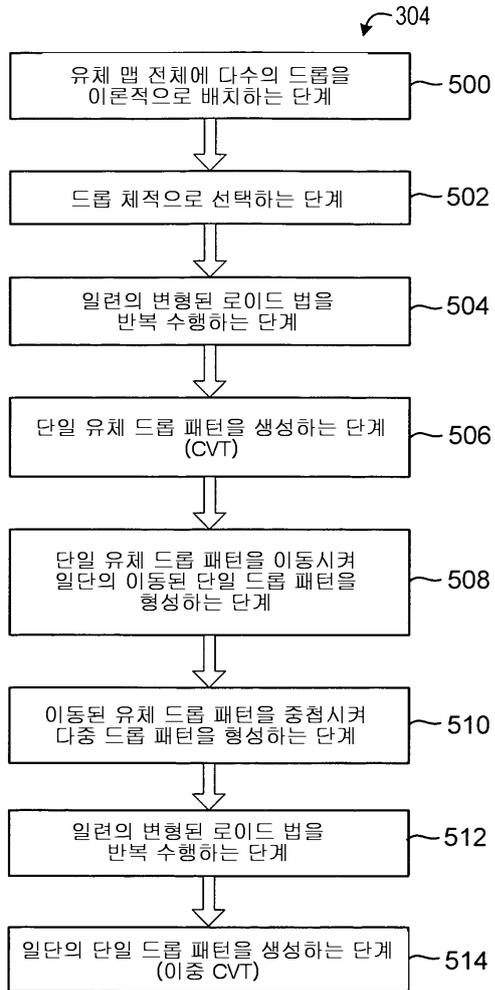
도면3



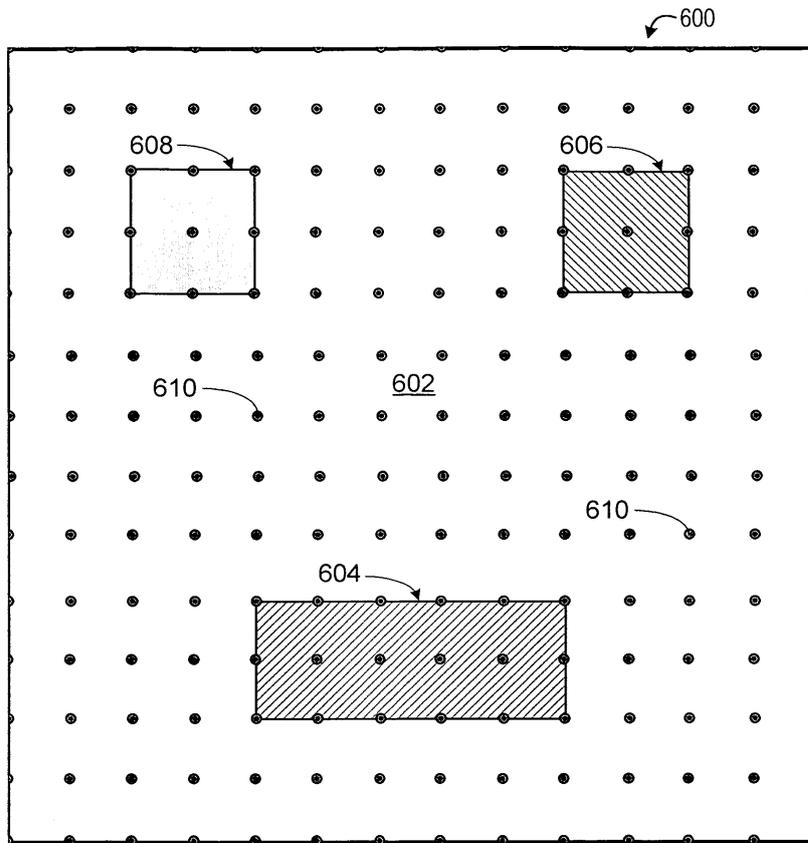
도면4



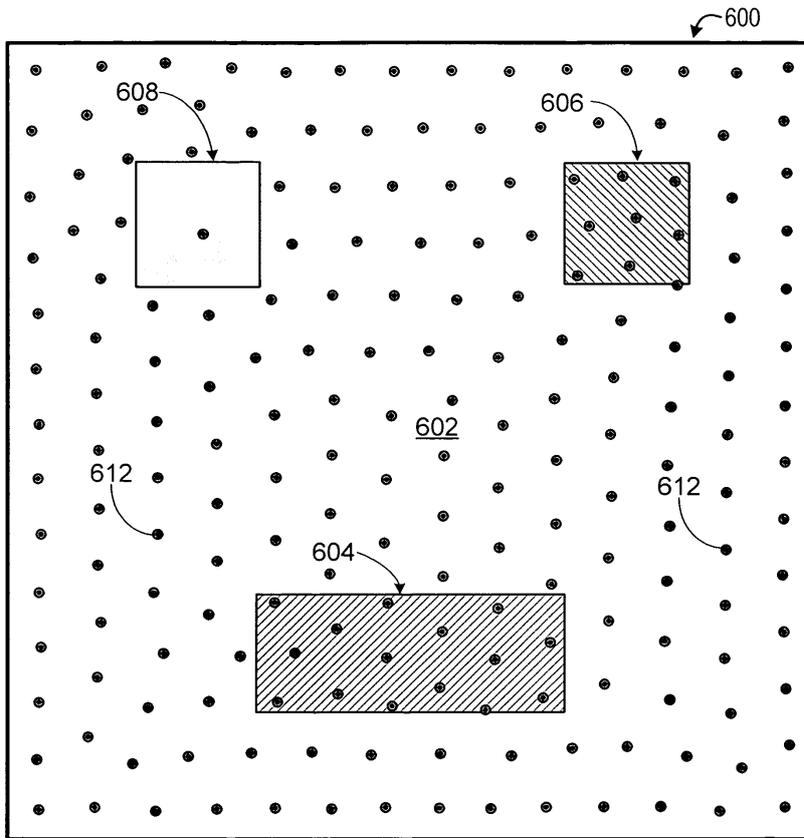
도면5



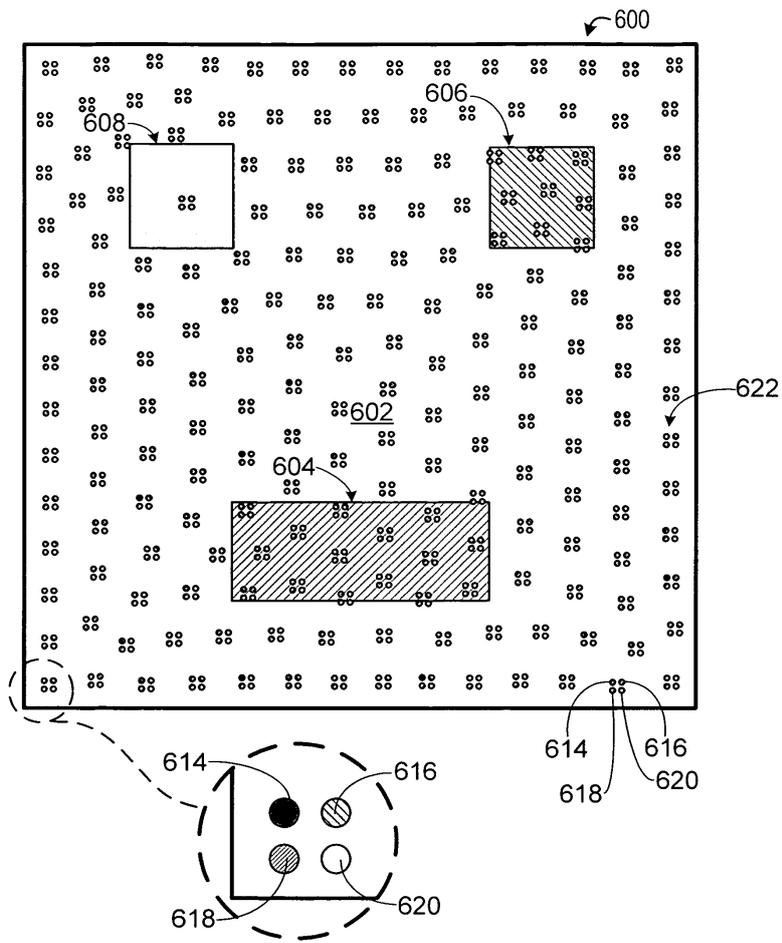
도면6a



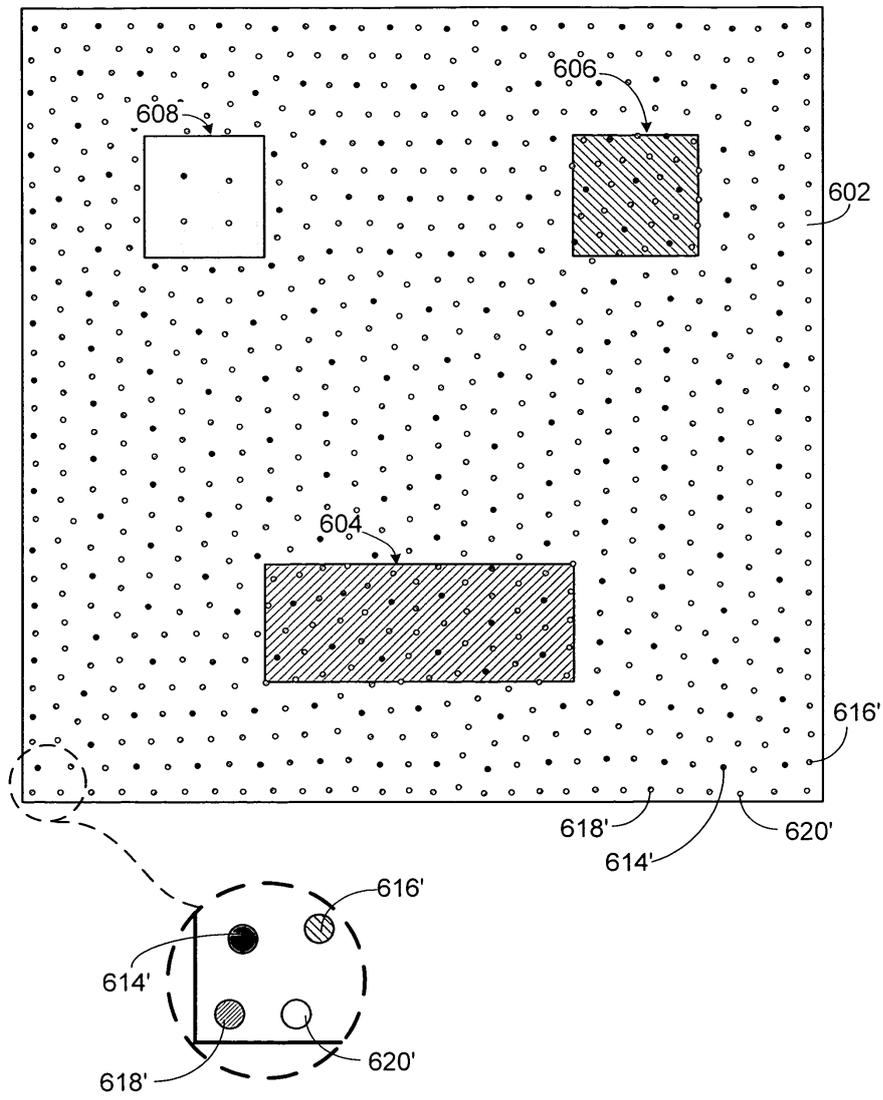
도면6b



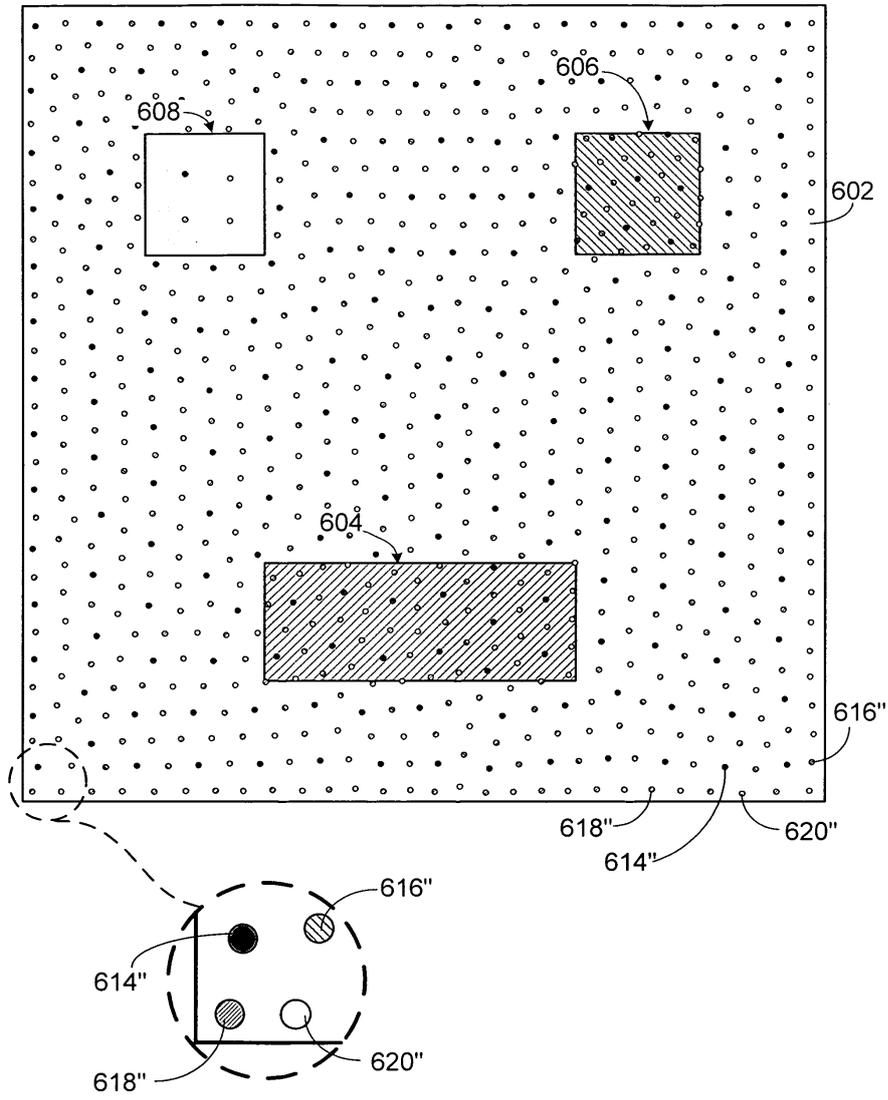
도면6c



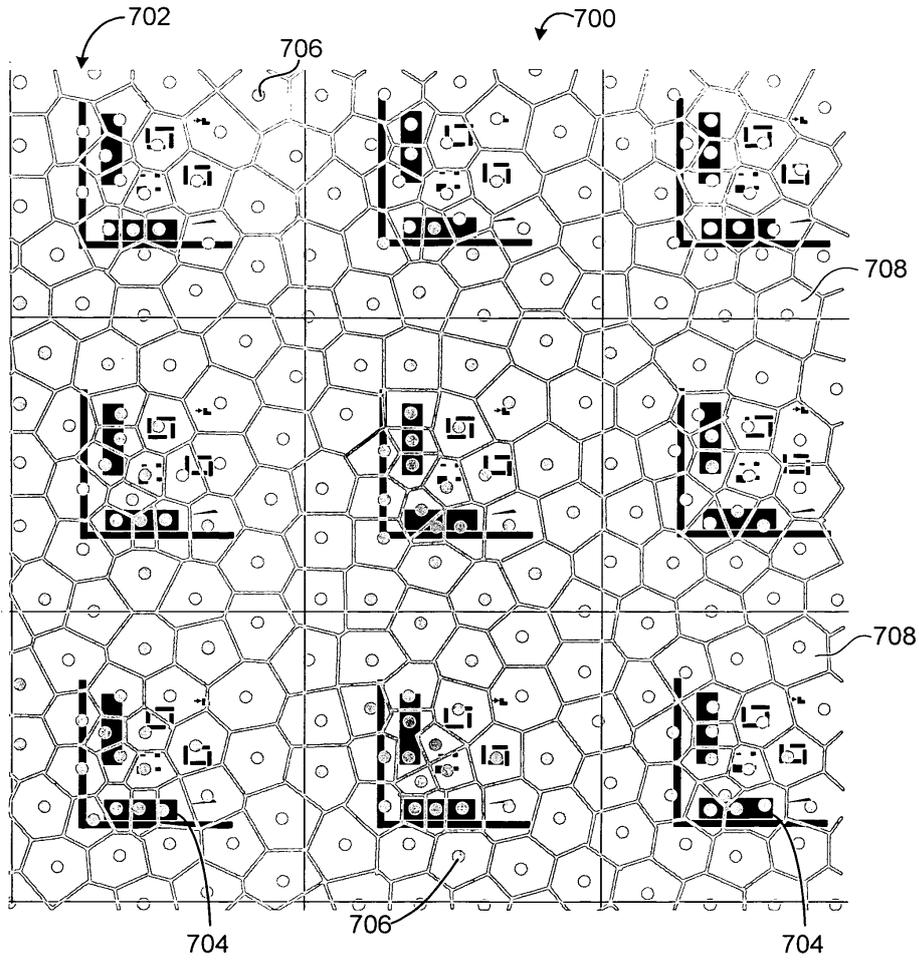
도면6d



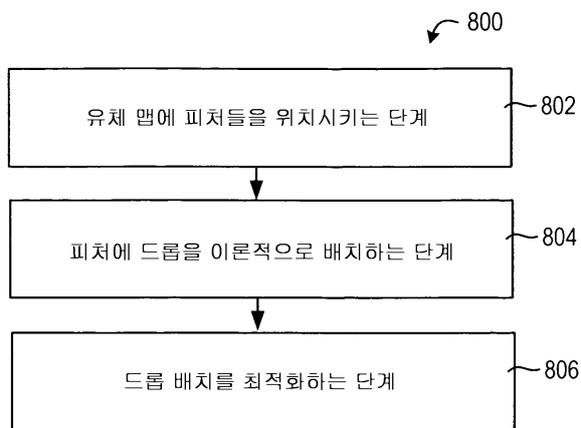
도면6e



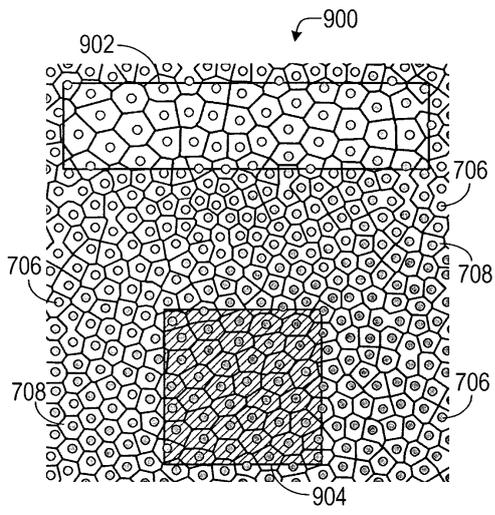
도면7



도면8



도면9a



도면9b

