(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.[6]
B29C 67/00
G06K 15/00

(45) 공고일자 2004년11월16일
(11) 등록번호 10-0450358
(24) 등록일자 2004년09월16일

(21) 출원번호 10-1998-0702283
(22) 출원일자 1998년03월27일
번역문 제출일자 1998년03월27일
(86) 국제출원번호 PCT/US1996/015517
(86) 국제출원출원일자 1996년09월27일

(65) 공개번호 10-1999-0063815
(43) 공개일자 1999년07월26일
(87) 국제공개번호 WO 1997/11835
(87) 국제공개일자 1997년04월03일

(81) 지정국 국내특허 : 아일랜드, 오스트레일리아, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 캐나다, 중국, 체코, 에스토니아, 그루지야, 헝가리, 아이슬란드, 일본, 북한, 대한민국, 스리랑카,

AP ARIPO특허 : 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 케냐,

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 벨라루스, 키르기즈, 카자흐스탄,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴, 오스트리아, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀랜드, 영국,

(30) 우선권주장
08/534,813 1995년09월27일 미국(US)
08/534,447 1995년09월27일 미국(US)

(73) 특허권자
3디 시스템즈 인코오퍼레이티드
미국 91355 캘리포니아주 발렌시아 애비뉴 홀 26081

(72) 발명자
얼, 조세린, 엠.
미국 93225 캘리포니아주 프라지어 파크 아이빈스 드라이브 6928

만너스, 크리스, 알.
미국 93021 캘리포니아주 무어파크 리버글렌 4337

커렉크스, 토마스, 에이.
미국 91302 캘리포니아주 칼라배사스 아담스빌 애비뉴 3532

메리골드, 폴, 에이치.
미국 91016 캘리포니아주 몬로비아 그레이돈 애비뉴 1916

싸이어, 제프리, 에스.
미국 93065 캘리포니아주 시미 밸리 록킹 호스 1831

(74) 대리인
안국찬
주성민

심사관 : 이동욱

(54) 선택적피착모델링시스템에서의데이타조작및시스템제어방법및장치

요약

본 발명은 부울 대수 연산의 계산을 이용하기 위해 복수의 시작/정지 전이를 나타내는 데이터 조작을 포함한 열적 스테레오리소그래피 장치에서의 데이터 조작 방법에 관한 것이다.

대표도

도 1

명세서

<출원 정보>
본 출원은 1996년 9월 27일자로 미국 특허 출원 08/534,447의 CIP (continuation-in-part)로서 출원되고, 1999년 8월 24일자로 특허 허여된 미국 특허 제5,43,935호에 대응한다.

기술분야

본 발명은 3차원(3D) 물체를 형성하기 위한 데이타 조작 및 빌딩 제어 기술에 관한 것으로서, 더 상세하게는 고속 프로토타이핑 및 제조(RPamp;M) 시스템에 사용되는 기술에 관한 것이며, 가장 상세하게는 열 스테레오리소그래피(TSL) 시스템, 용융 피착 모델링(FDM) 시스템 또는 다른 선택적 피착 모델링(SDM) 시스템에 사용하기 위한 데이타 조작 및 빌딩 제어 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

자동 혹은 반자동 3차원 물체 제작 혹은 고속 프로토타이핑 및 제작에 관한 여러가지 방법이 최근에 사용 가능하게 되었는데, 이들 방법은 라미나(lamina)를 형성하고 부착하는 부가 방식으로 물체를 나타내는 3D 컴퓨터 데이타로부터 3D 물체를 빌딩함으로써 진행해 나간다는 점에 특징이 있다. 이러한 라미나들은 종종 물체 단면, 구조물 층, 물체 층, 물체의 층, 혹은 단순히 층(전후 관계에 비추어 적절한 형상의 고체 구조를 나타내는 것이 명확할 경우)이라고도 불리운다. 각 라미나는 3차원 물체의 단면을 나타낸다. 통상적으로 라미나들은 이전에 형성되어 부착된 라미나에 적층하여 부착된다. 일부 RPamp;M기술들 중에는 엄격한 적층 빌딩 공정과는 달리, 최초 라미나의 일 부분만이 형성되고 최초 라미나의 나머지 부분의 형성에 앞서 적어도 하나의 후속 라미나가 적어도 부분적으로 형성되는 기술들이 제안되어 있다.
상기한 한가지 방법에 따르면, 3 차원 물체는 비고형, 유동성 재료의 층을 연속적으로 작업면에 도포한 후 소정의 패턴으로 상기 층들을 공동 자극(synergistic stimulation)에 노출시켜, 상기 층들을 이전에 형성된 물체 라미나에 부착하는 물체 층이 되도록 선택적으로 경화시킴으로써 형성된다. 이러한 방식에서는 작업면의 물체 라미나의 일부가 되지 않는 영역과 물체 라미나의 일부가 되는 영역 모두에 재료가 도포된다. 이러한 방식의 통례는 스테레오리소그래피(SL)인데, 이는 휼(Hull)에게 허여된 미국 특허 제4,575,330호에 개시되어 있다. 스테레오리소그래피의 일례에 따르면, 공동 자극은 UV 레이저로부터의 조명이며, 재료는 광중합체이다. 이러한 방법의 다른 예는 데카르드(deckard)에게 허여된 미국 특허 제4,863,538호에 개시된 선택적 레이저 소결(SLS)인데, 여기서, 공동 자극은 CO_2 로부터의 IR 조명이며, 재료는 소결 가능한 분말이다. 제3의 예는 사취(Sachs) 등에게 허여된 미국 특허 제5,340,656호 및 제5,204,055호에 기재된 3 차원 프린팅 (3DP) 및 다이렉트 쉘 생성 주조(DSPC)인데, 여기에서는 공동 자극이 화학적 결합제이며, 재료는 화학적 결합제의 선택적인 도포시에 함께 결합되는 입자들로 이루어진 분말이다.
상기한 제2의 방법에 따르면, 재료 시트들 중 원하는 형상과 크기를 가진 물체 단면을 연속적으로 절단하여 물체 라미나를 형성함으로써 물체가 형성된다. 일반적으로 실제상, 종이 시트들은 절단되기에 앞서 미리 절단된 시트들에 적층되고 부착되지만, 적층 및 부착에 앞서 절단하는 것도 가능하다. 이러한 방법의 통례는 훼이진(Feygin)에게 허여된 미국 특허 제4,752,352호에 개시된 적층 물체 제조(LOM)이며, 여기에서는 재료가 종이이며, 시트들을 원하는 형상 및 크기로 절단하는 수단은 CO_2 레이저이다. 킨지에(Kinzie)에게 허여된 미국 특허 제5,015,312호도 LOM 기술에 관한 것이다.
상술한 제3의 방법에 따르면, 물체 라미나의 일부가 될 영역에 원하는 패턴으로 작업면상에 비고형, 유동성 재료를 선택적으로 피착함으로써 물체 라미나가 형성된다. 선택적인 피착 후 혹은 피착 동안, 선택적으로 피착된 재료가 응고되어 이전에 형성되어 적층된 물체 라미나에 부착된 후속 물체 라미나를 형성한다. 이어서 이들 단계들이 반복되어 물체의 적층 구조를 연속적으로 형성한다. 물체 형성 기술은 일반적으로 선택 피착 모델링(SMD)이라고 불릴 수 있다. 이 방법과 제1 방법 간의 주된 차이점은 물체 라미나의 일부가 되는 영역에만 재료가 선택적으로 피착된다는 점이다. 이러한 방법의 통상적인 예는 크럼프(Crump)에게 허여된 미국 특허 제5,121,329호 및 제5,340,433호에 개시된 용융 피착 모델링(FDM)인데, 여기에서는 재료가 유동가능한 상태인 동안에 재료의 유동 가능한 온도 이하의 온도인 환경으로 보내진 다음, 냉각된 후에 경화된다. 제2의 예는 펜(penn)에게 허여된 미국 특허 제5,260,009호에 개시된 기술이다. 제 3의 예는 마스터스(Masters)에게 허여된 미국 특허 제4,665,492호, 제5,134,569호 및 제5,216,616호에

개시된 비행 입자 제조(BPM)인데, 여기서는 입자들이 물체 단면을 형성하도록 특정 위치를 향해 있다. 제4의 예는 올름퀴스트(Almquist) 등에게 허여된 미국 특허 제5,141,680호에 개시된 열 스테레오리소그래피(TSL)이다.
SDM을 사용할 때에(다른 RPamp;M 형성 기술 뿐만아니라), 유용한 물체의 제작을 위한 다양한 방법 및 장치의 적합성은 다수의 요인에 의존한다. 이들 요인들은 통상적으로 동시에 최적화될 수 없으므로, 적절한 형성 기술 및 관련된 방법 및 장치의 선택은 특정한 필요성 및 환경에 따른 절충을 수반한다. 고려될 몇몇 요인들은 1) 장비 비용, 2) 작동 비용, 3) 제작 속도, 4) 물체의 정확성, 5) 물체 표면 마무리, 6) 형성된 물체의 물성, 7) 예상되는 물체의 용도, 8) 여러 물성을 얻기 위한 2차 공정의 가능성, 9) 사용 및 오퍼레이터 제한의 용이성, 10) 원하는 작동 환경, 11) 안전성, 및 12) 사후 처리 시간 및 노력 등을 포함할 수 있다.
이와 관련하여 보다 효과적으로 3 차원 물체를 형성하기 위해 가능한 많은 수의 파라미터를 동시에 최적화할 필요성이 오래 전부터 존재해 오고 있다. 제1의 예로서, 상술한 바와 같이, SDM 기술(예를 들면, 열 스테레오리소그래피)을 사용하여 물체를 빌딩할 때에 장비의 가격을 유지 또는 절감하면서도 물체의 제작 속도를 향상시키고 셋업 시간 및 파일 준비 시간을 줄일 필요성이 있다. 이와 관련한 중요한 문제는 데이터를 생성하고 생성된 데이터를 처리할 효율적인 기술이 필요하다는 것이다. 다른 중요한 문제로는 물체 형성시 물체를 서포트하기 적합한 서포트 데이터를 생성하는 효율적인 기술이 필요하다는 것이다. 또다른 문제는 대량의 데이터를 실시간으로 처리하여, 제트 미스파이어링(jet misfiring) 또는 오동작을 보상하고, 데이터가 필요한 순서대로 억세스가능하도록 데이터를 조절하며, 기하학적으로 민감한 빌딩 스타일 및 피착 기술을 효율적으로 제공하는 소프트웨어가 있어야 한다는 것이다. 데이터 생성 기술이 필요한 SDM에서 사용하기 적합한 빌딩 스타일 및 서포트 구조는 미국 특허출원 제08/534,813호에 개시되어 있다.
따라서, 종래 기술의 단점을 극복한 데이터 추출 및 SDM 시스템 제어 방법 및 장치의 필요성은 오랫동안 제기되고 있는 것이지만 아직 충족시키지 못했다.
본 명세서에서 참조하고 있는 모든 특허는 그 전문을 참조하는 것이다.

3. 관련 특허 및 출원

다음의 출원은 여기에 상세히 제시되어 있는 바와 같이 참조된다.

출원일	출원 번호	발명의 명칭	상태
9/27/95	08/534,813	3차원 물체 및 서포트를 형성하기 위한 선택적 피착 모델링 방법 및 장치	계류중
9/27/95	08/534,447	선택적 피착 모델링 시스템에서의 데이타 조작 및 시스템 제어 방법 및 장치	계류중
9/27/95	08/535,772	선택적 피착 모델링 물질 및 방법	계류중
9/27/95	08/534,477	선택적 피착 모델링 방법 및 시스템	계류중

본원의 양수인은 3디 시스템즈, 인크.로서, 하기의 관련 출원과 동시에 본원 을 출원하고, 상기 관련 출원은 본 명세서에서 참조되었다.

정리 번호	출원일	출원 번호	발명의 명칭	상태
USA.142	본원과 동일	미할당	선택적 피착 모델링 방법 및 3차원 물체 및 서포트의 형성 장치	계류중

열 스테레오리소그래피 및 몇몇 용융 피착 모델링 기술에 따라, 3 차원 물체는 유동 가능할 때까지 가열되어 디스펜서로 분배된 재료로부터 적층 형성된다. 이 재료는 디스펜서로부터 반 연속 유동성 재료로서 분배되거나 혹은 이와는 다르게 개개의 비말로서 분배될 수 있다. 재료가 반 연속 유동성으로서 분배되는 경우에 작업면의 기준이 덜 엄격하여도 받아들여질 수 있는 것으로 간주할 수 있다. 열 스테레오리소그래피의 초기의 실시예는 본원에 참조된 미국 특허 제5,141,680호에 기재되어 있다. 열 스테레오리소그래피는 특히 무반응성, 무독성 재료를 사용할 수 있음으로 인하여 사무실 환경에서의 사용에 적합하다. 또한, 이들 재료를 사용하는 물체를 형성하는 공정은 조명의 사용(예를 들면, UV 방사, IR 방사, 가시광 및/또는 레이저 방사), 재료를 연소 온도(예를 들면, 몇몇의 LOM기술에서와 같이 단면 경계를 따라서 재료를 연소하는)로 가열, 반응성 화학 재료(예를 들면, 단량체, 광중합체) 혹은 유해 화학 재료(예를 들면, 용매), 복잡한 절삭 기계류 등과 같이, 잘못 처리되면, 소음이나 상당한 위험을 초래할 수 있는 것들을 사용할 필요가 없다. 그 대신에 물체의 형성은 유동 가능한 온도로 재료를 가열하고 선택적으로 이 재료를 분배시켜 냉각되도록 함으로써 달성된다.
미국 특허 출원 제08/534,813호는 주로 TSL 원리에 기초한 바람직한 선택 피착 모델링(SDM) 시스템에 사용될 수 있는 빌딩 및 서포트 스타일과 구조에 관련된 다. 다른 빌딩 및 서포트 스타일은 구조가 다른 RPamp;M 시스템에서의 사용 및 다른 SDM 시스템에서의 사용을 위해 설명되어 있다.
미국 특허 출원 제08/535,772호는 이후 설명될 바람직한 SDM/TSL 시스템에 의해 사용되는 바람직한 재료에 관련된다. 몇몇 다른 재료 및 방법도 설명되어 있다.
미국 특허 출원 제08/534,447호는 본 출원의 모 출원이며 3D 물체 데이타를 TSL(열 스테레오리소그래피)에 기초한 바람직한 선택적 피착 모델링(SDM) 시스템에 사용하기 위한 서포트 및 물체 데이타로 변환하는 데 사용되는 데이타

변환 기술에 관한 것이다. 이 참조된 출원은 다양한 데이타 처리, 데이타 제어, 및 이후 설명될 바람직한 SDM/TSL 시스템을 제어하기 위한 시스템 제어 기술에도 관련된다. 다른 데이타 조작 기술 및 제어 기술들도 다른 RPamp;M 시스템에서의 사용 및 SDM 시스템에서의 사용을 위해 설명되어 있다.
본 출원의 양수인인 3디 시스템즈, 인크.는 RPamp;M 분야, 특히 스테레오리소그래피 부문에서 다수의 다른 미국 특허 출원 및 미국 특허의 소유권자이다. 다음의 동 소유의 미국 특허 출원 및 미국 특허는 상세히 제시되어 있는 바와 같이 참조된다.

출원 번호	주 제	상태 및/또는 특허 번호
8/484,582	스테레오리소그래피의 기본 소자 개시	계류중(4,575,330의 DIV)
8/475,715	복수의 오리피스로부터 선택적인 데포지션이 가능한 물질 디스펜서를 포함하여 SL에 사용을 위한 각종의 중첩 도포기술 개시	계류중(5,358,673의 DIV)
8/479,875	각종의 LOM형 형성 기술 개시	계류중(5,192,559의 DIV)
8/486,098	변형을 감소시키기 위한 각종의 기술과 함께 컬(curl) 변형의 기술이 제공되어 있음	계류중(5,104,592의 DIV)
8/475,730	하향, 상향 및 연속 영역을 규정하기 위해서 부울 층 비교를 이용하는, 단면 데이타를 얻기위한 3D 데이타 슬라이싱 기술의 설명이 개시되어 있다. 경화 폭 보상을 행하고 초기 CAD 설계와 관련된 각종의 물체의 구성을 생성하기 위한 기술이 개시되어 있음	계류중(5,192,469의 DIV)
8/480,670	벡터 생성 및 경화 폭 보상을 포함하여 초기 SL 슬라이싱 기술에 관한 설명이 개시되어 있음	계류중(5,184,307의 DIV)
8/428,950	반 고체 및 고체 물체를 형성하기 위한 다른 시퀀싱, 벡터 인터레이싱 및 벡터 오프세팅을 포함하는 각종의 형성 스타일을 포함하여 SL에 사용하기 위한 각종의 형성 기술이 개시되어 있음	계류중(W0 95/29053에 대한 특허)
8/428,951	수직 비교, Z 방향에서의 과경화로 인한 보정 에러, 및 수평 비교 및 수평 부식 루틴을 행하기 위한 기술을 포함하여 SL에 대한 동시적 다수의 층 경화 기술이 기재되어 있음	계류중(W0 95/29053에 대한 특허)
8/405,812	진동 에너지를 사용한 SL 중첩 도포 기술이 개시되어 있음	계류중
8/402,553	닥터 블레이드(doctor blade) 및 액체 레벨 제어 기술을 사용한 SL 중첩 피복 기술이 개시되어 있음	계류중(5, 174, 931의 DIV)

출원 번호	주 제	상태 및/또는 특허 번호

8/382,268	잉크 제트를 사용하여 선택적으로 물질을 분산하여 미응고된 다음 물질층을 형성하는 기술을 포함하여 다수의 SL 중첩 도포 기술이 개시되어 있음	계류층(PCT출원 US96/01451호에 대한 특허)
8/148,544	서멀 스테레오리소그래피의 기본 엘리먼트가 기술되어 있음	5,501,824
7/182,801	SL에 대한 지지 구조물이 기술되어 있음	4,999,143
7/183,015	SL 물체에서의 스트레스를 감소시키기 위해서 물체에 홀들을 배치하는 것이 기재되어 있음	5,015,424
7/365,444	집적 SL 형성, 크리닝 및 사후 경화 기술이 개시되어 있음	5,143,663
7/824,819	대형 SL 장치의 다양한 양태가 개시되어 있음	5,182,715
7/605,979	두꺼운 구조층 및 메니스커스 (meniscus) 평탄화와 결합하여 얇은 충전층을 사용하는 것을 포함하여 SL 물체의 표면 마무리를 향상시키는 기술이 개시되어 있음	5,209,878
7/929,463	표면 마무리를 향상시키기 위한 분말 도포 기술이 개시되어 있음	5,234,636
07,939,549	SL에서의 뒤틀림 왜곡을 감소시키기 위한 형성 기술(인장 및 수축 영역의 조화를 통해)이 개시되어 있음	5,238,639

<발명의 요약>

본 발명은 선택적 피착 모델링에 의해 3D 물체를 형성하는 데 사용되는 데이타 생성, 데이타 처리 및 시스템 제어와 관련된 많은 문제를 해결하기 위해 단독으로 또는 조합하여 사용될 수 있는 다수의 기술(방법 및 장치)을 제공한다. 이후 설명되는 기술들은 주로 SDM 기술에 관련되어 있지만, 전술한 다른 RPamp;M 기술에 대해서도 다양하게 적용되어 향상된 데이타 조작 및 생성 기술을 제공함으로써 시스템의 처리량을 향상시킬 수 있다. 또한, 본원에 설명된 기술들은 하나 이상의 빌딩 및/또는 서포트 재료를 사용하는 SDM 시스템에 적용될 수 있는데, 여기서는 하나 이상의 재료가 선택적으로 분배되며 다른 재료는 비선택적으로 분배될 수 있고 이러한 선택적 피착을 돕기 위해 재료의 전부 또는 일부에 대해 상승된 온도가 사용되거나 사용되지 않을 수 있다.

이 기술들은 SDM 시스템에 적용될 수 있는데, 여기서 빌딩 재료(예컨대 페인트 또는 잉크)는 용매(예컨대, 물, 알코올, 아세톤, 페인트 희석제, 또는 특정 빌딩 재료에 적합한 다른 용매)를 첨가함으로써 분배를 위해 유동 가능하게 될 수 있으며, 용매를 제거함으로써(예컨대, 분배된 재료를 가열하거나, 재료를 부분적으로 배기된(즉, 진공) 빌딩 챔버 안에 분배하거나, 또는 용매가 증발하도록 단순히 충분한 시간을 허용함으로써) 분배 후 고체화될 수 있다. 대안적으로, 또는 추가적으로, 빌딩 재료(예컨대 페인트)는 신축성을 가질 수 있는데, 재료에 전단력이 증가하면 분배에 도움을 줄 수 있으며, 신축성은 단지 분배 후 재료의 형상을 유지하는 데 사용될 수도 있다. 대안으로, 또는 추가적으로, 재료는 반응성을 가질 수 있거나(예컨대, 광중합체, 열중합체, 1 또는 2 부분 에폭시 재료, 왁스 또는 열가소성 재료와 조합된 전술한 재료 중 하나와 같은 조합 재료), 다른 재료(예컨대, 회반죽)와 조합될 때 적어도 고체화될 수 있는데, 이 재료는 분배 후 적절한 자극(예컨대, 열, EM 방사(가시광, IR, UV, X 레이 등), 반응성 화학 약품, 2 부분 에폭시의 제2 부분, 제2 또는 복수의 조합 부분)을 가하여 반응되며, 빌딩 재료 및/또는 재료의 조합은 고체화된다. 물론, 열 스테레오리소그래피 재료 및 분배 기술은 독립적으로 또는 상기 다른 기술과 조합하여 사용될 수 있다. 또한, 고온 용융 잉크 제트, 버블 제트 등을 포함하는 단일 또는 복수의 잉크 제트 장치 및 연속 또는 반 연속 유동성 재료를 단일 또는 복수 오리피스 돌출 노즐 또는 헤드에 의해 분배 하는 것과 같은 다양한 분배 기술이 사용될 수 있다.

본 발명의 제1 목적은 3차원 물체 데이타를 단면 데이타로 변환하기 위한 방법 및 장치를 제공하는 데 있다.

본 발명의 제2 목적은 3차원 물체 데이타를 단면 데이타로 변환하기 위한 방법 및 장치를 포함하는 물체 형성 방법 및 장치를 제공하는 데 있다.
본 발명의 제3 목적은 3차원 물체 데이타로부터 서포트 데이타를 얻기 위한 방법 및 장치를 제공하는 데 있다.
본 발명의 제4 목적은 서포트 데이타를 구하고 이 서포트 데이타를 물체 형성시 사용하기 위한 방법 및 장치를 포함하는 물체 형성 방법 및 장치를 제공하는 데 있다.
상기 목적들은 본 발명의 다른 특징들에 의해 독립적으로 달성될 수 있으며, 본 발명의 추가적인 목적들은 상기 독립적인 목적들의 다양한 조합을 통하여 조합된 기술로부터 상승적인 효과가 얻어질 수 있도록 하는 것이다.
본 발명의 다른 목적들은 상세한 설명으로부터 알 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 양호한 열 스테레오리소그래피 시스템을 도시한 도면.
도 2a 및 도 2b는 서로 다른 각도의 도 1의 프린트 헤드의 오리피스판을 도시하는 도면.
도 3은 도 1의 평탄화기의 보다 상세한 도면.
도 4는 오리피스판 상의 인접한 노들들 및 인접한 래스터 라인들 간의 상대 적 간격을 도시하는 도면.
도 5는 시스템의 데이타 해상도를 정의하는 픽셀들의 격자를 도시하는 도면.
도 6a 내지 도 6d는 몇 개의 오버프린팅 체계를 도시하는 도면.
도 7은 본 발명의 제1 실시예를 도시하는 도면.
도 8a 및 도 8b는 슬라이싱 평면과 STL 파일의 교차를 도시하는 도면.
도 9는 부울 추출 동작의 효과를 설명하는 도면.
도 10은 본 발명의 제2 실시예를 도시하는 도면.
도 11a는 Z 방향의 삼각형의 배열을 도시하는 도면.
도 11b 및 도 11c는 액티브 삼각형의 단면을 도시하는 도면.
도 12a, 도 12b, 및 도 12c는 단면 데이타를 나타내는 대안 형태를 도시하는 도면.
도 13a, 도 13b, 및 도 13c는 전이 데이타를 서로 다른 스캔 라인들과 관련된 리스트에 배치한 도면.
도 14 및 도 15는 부울 추출 동작을 보다 상세하게 도시하는 도면.
도 16 및 도 17은 부울 가산, 감산, 및 교차 동작을 설명하는 도면.
도 18 내지 도 21은 중간층을 사용하여 서포트를 발생시키는 2 단계 공정을 설명하는 도면.
도 22는 서포트를 발생시키기 위한 3 단계 공정을 설명하는 도면.
도 23 내지 도 26은 시작/중지 데이타를 연속된 워드로 저장하는 방법을 도시하는 도면.
도 27a 및 도 27b, 도 28a 및 도 28b, 도 29a 및 도 29b, 도 30a 및 도 30b는 시작/중지 전이를 나타내는 데이터를 리스트하도록 메모리를 할당하는 방법을 설명하는 도면.
도 31은 연속 스캔 라인이 유사한 수의 전이에 의해 표현되는 특성을 설명하는 도면.
도 32는 시작/중지 데이타의 픽셀화에 의해 도입된 양자화 에러를 설명하는 도면.
도 33은 RLE 데이타를 변환 데이타로 변환하는 것을 설명하는 도면.
도 34a 내지 도 34c는 빌딩의 서포트에 사용되는 데이타를 설명하는 도면.
도 35a 및 35b는 본 발명의 양호한 실시예에서 만들어진 부분적인 기울기에 대한 가정을 설명하는 도면.
도 36a 내지 도 36c는 본 발명의 구현시에 사용되는 링 버퍼를 도시하는 도면.
도 37은 하이브리드 서포트 구조를 도시하는 도면.
도 38a 및 도 38b는 두 가지 샘플 스타일 형태를 나타내는 도면.
도 39a, 도 39b, 및 도 39c는 종종 발행하는 부분/서포트 인카운터를 설명하는 도면.
도 40a 내지 도 40c는 스타일 파일이 어떻게 사용되는지의 예를 나타내는 도면.
도 41a 내지 도 41f는 추가적인 스타일 타입을 나타내는 도면.
도 42a 내지 도 42e는 스큐를 설명하는 도면.
도 43은 엔코더 라인의 지정된 시퀀스를 도시하는 도면.
도 44는 하나의 파이어링 카운터만을 통과하여 발생할 수 있는 해상도 문제를 도시하는 도면.
도 45a 및 도 45b는 두 개의 카운터를 사용함으로써 스캐닝 방향의 해상도를 증가시키기 위한 알고리즘을 도시하는 도면.
도 46a는 상이한 서포트 구조의 형성시 기초로 할 수 있는 가설 레벨 및 영역과 함께 갭을 포함하고 있는 물체의 측면도.
도 46b는 도 46a의 물체의 측면도를 나타내는 것으로서 갭은 다양한 종류의 서포트 구조로 채워져 있는 도면.
도 47은 .RLE 파일의 개념적인 포맷을 나타내는 도면.

발명의 상세한 설명

앞서 설명한 바와 같이, 본 출원은 데이타 조작 기술 및 선택 피착 모델링 (SDM) 시스템에 사용하기 적당한 서포트 기술 및 빌딩 기술을 구현하는 시스템 제어 기술에 관한 것이다. 특히, 양호한 SDM 시스템은 열 스테레오리소그래피(TSL) 시스템이다. 본 발명의 양호한 실시예에 대한 상세한 설명은 먼저 양호한 TSL 시스템에 대해 설명되는데, 본 실시예의 세부사항은 적절하게 기재하겠다. 양호한 빌딩 및 서포트 기술, 양호한 물질의 조성 및 특성, 양호한 시스템

및 다양한 대안들에 대한 보다 상세한 설명은 미국 특허 출원 제08/534,447호, 제08/535,773호 및 제08/534,447호에 개시되어 있다. 또다른 대안적인 시스템들은 다수의 선행 출원 에 개시되어 있고 특히 여기서 언급한 특허 출원들은 직접적으로 선택 피착 모델링, 열 스테레오리소그래피 또는 용융 피착 모델링에 관한 것이다. 이와 같이, 데이타 조작 기술 및 시스템 제어 기술은 다양한 SDM, TSL 및 FDM에 적용가능한 것이며 여기서 기술한 예들에 의해 부적절하게 제한되어서는 안된다.

SDM/TSL을 수행하기 위한 양호한 장치가 도 1에 도시되어 있다. 이 장치는 디스펜스 헤드(9)(즉, 멀티 오리피스 잉크 제트 헤드) 및 평탄화기(11)을 구비한 분배 플랫폼(18)을 포함한다. 분배 플랫폼은 멤버(13)을 통해서 X 단(12)에 슬라이딩 가능하게 결합된다. X단(12)은 분배 플랫폼(18)을 주 스캐닝 방향으로서도 알려진 X 방향으로 전후로 제어가능하게 이동시킨다. X단의 이동은 제어 컴퓨터 또는 마이크로프로세서(도시되지 않음)의 제어하에서 이루어 진다. 또한, 플랫폼(18)의 일측 및/또는 평탄화기(11)와 분배 헤드(9) 사이에는, 공기를 수직 하강하도록 날려 보내기 위한 팬들(도시되지 않음)이 장착되어, 원하는 빌딩 온도가 유지되도록 분배된 재료 및 기판을 냉각시킨다. 물론, 다른 팬 장착 구조 및/또는 다른 냉각 시스템도 사용가능하며, 여기에는 기체화될 수 있는 액체(즉, 물, 알콜, 또는 용제)를 물체의 표면 상으로 보내는 미스팅 장치를 사용하는 것도 포함된다. 냉각 시스템은 열을 제거시키기 위한 능동적인 또는 수동적인 기술을 수반할 수 있고 원하는 빌딩 온도 범위 내로 분배된 물질을 유지하기 위해 온도 감지 장치와의 조합으로 제어되는 컴퓨터일 수 있다.

분배 헤드(또는 프린트 헤드)(9)는 고온의 용해 잉크(즉, 열 가소성 또는 왁스와 같은 물질)를 분사하도록 구성되고 3차원 모델링 시스템에 사용되기 위해 변 형된 상업용 프린트 헤드이고, 프린트 헤드는 전후 이동 및 가속화가 가능하다. 프린트 헤드 변형은 가속화로 인해 온 보드 저장소내의 물질의 오배치가 최소화하도록 저장소를 구성하는 것을 포함한다. 양호한 실시예에서, 헤드는 저장소가 변형된, 뉴햄프셔주 나슈아 소재의 스펙트라사에서 판매한 96 제트 상업용 프린트 헤드, 모델 번호 HDS 96i이다. 프린트 헤드(9)에는 물질 패키징 및 핸들링 서브시스템(도시되지 않음)으로부터 유동가능한 상태의 재료가 공급된다. 물질 패키징 및 핸들링 서브 시스템은 앞서 언급한 미국 특허 출원 제08/534,477호에 개시되어 있다. 양호한 구현에서, 헤드 상의 모든 96 개의 제트들은 각 오리피스(즉, 제트)가 비말을 원하는 위치 상으로 분배하도록 적절하게 위치되는 경우 오리피스판(10)을 통해 비말을 선택적으로 분사하도록 컴퓨터 제어된다. 실제로, 양호하게는 초당 대략 12,000 내지 16,000의 명령이 각 제트에게 전달되어 각 제트는 제트 위치 및 물질 피착을 위한 원하는 위치들에 따라 각각에게 분사(비말 분배) 또는 비분사(비말을 분배하지 않음)할 것을 선택적 명령한다. 또한, 실제로, 분사 명령은 양호하게는 모든 제트에 동시에 전달된다. 따라서, 앙호한 실시예에서는, 헤드는 오리피스판(10)의 하나 이상의 오리피스들을 통해 용해된 물질의 비말을 동시에 방출하기 위해 제트들을 선택적으로 분사하도록 컴퓨터 제어된다. 물론 대안적 실시예에서는, 서로 다른 수의 제트를 구비한 헤드가 사용될 수 있고 서로 다른 분사 주파수가 가능하며, 어떤 상황에서는, 제트를 동시에 분사하지 않는 것이 가능하다는 것을 이해하게될 것이다.

오리피스판(10)은 물질의 비말이 분배 플랫폼의 아랫쪽으로부터 방출되게 하 도록 분배 플랫폼(18) 상에 탑재된다. 오리피스판(10)은 도 2a 및 도 2b에서 설명된다. 양호한 실시예에서, 그리고 도 2a에서 도시한 바와 같이, 오리피스판(즉, 오리피스열)이 주 스캐닝 방향(즉, X 방향)에 대략적으로 수직이 되게 탑재되고 개별적으로 제어가능한 N=96 개의 오리피스들(10(1), 10(2), 10(3)...10(96)으로 표시됨)을 구비하여 구성된다. 각 디스펜서(즉, 제트)는 전기 분사 펄스가 소자에 인가되는 경우 압력파가 물질을 통해 전파되게 하는 압전 소자를 구비한다. 압력파는 물질의 비말이 오리피스로부터 방출되게 한다. 96 개의 디스펜서들은 각각의 디스펜서에 인가되는 분사 펄스들의 속도 및 타이밍을 제어하여 오리피스들로부터 방출되는 비말들의 속도 및 타이밍을 제어하는 제어 컴퓨터에 의해 제어된다. 도 2a를 참조하면, 양호한 실시예에서의 오리피스들 간의 거리 'd'는 약 8/300 인치(약 26.67mils 또는 0.677mm)이다. 따라서, 96 개의 오리피스으로, 오리피스판의 유효 거리 'D'는 약 (N×8/300 인치)=(96×8/300 인치)=2.56 인치(65.02mm)가 된다. 한 실시예는 래스터 스캐닝을 사용하여 물질을 원하는 낙하 위치로 분배하도록 프린트 헤드 및 오리피스를 위치시킨다. 각 층에 대한 프린팅 공정은 해드와 원하는 낙하 위치 사이의 일련의 관련된 이동에 의해서 성취된다. 통상적으로 프린팅은 헤드가 주 스캐닝 방향으로 연계하여 움직일 때 발생한다. 그 다음 통상적으로 분배가 발생하지 않는 동안 제2 스캐닝 방향으로 약간의 이동의 증가가 후속하고, 다음으로 분배가 다시 발생하는 주 스캐닝 방향으로 역 스캐닝이 후속한다. 주 스캐닝 및 제2 스캐닝의 변경의 공정은 라미나가 완전히 피착될 때까지 반복해서 일어난다. 대안적인 실시예들은 주 스캐닝이 발생하는 동안 약간의 제2 스캐닝 이동을 수행할 수 있다. 통상적으로 주 방향 및 제2 방향에 따라 스캐닝 속도의 차가 크기 때문에, 이러한 변경으로 거의 수직 주 스캔 라인을 따라 피착이 발생한다(즉, 주 스캐닝 및 제2 스캐닝 방향은 실질적으로 수직으로 유지된다). 다른 대안적인 실시예들은 벡터 스캐닝 기술 또는 벡터 스캐닝과 래스터 스캐닝의 조합을 이용할 수 있다. 다른 대안적인 실시예들은 비말들이 적당히 배치되게 하는 알고리즘을 사용하여 실질적으로 주 스캐닝 및 제2 스캐닝 방향이 비수직인 것을 이용할 수 있다.

대안적인 실시예들에서는, 프린트 헤드는 주 스캐닝 방향에 직각이 아닌 각도로 탑재될 수 있다. 이 상황은 도 4b에 도시되어 있는데 프린트 헤드는 주 스캐닝 방향에 'α'의 각도로 탑재되어 있다. 이 대안적인 상황에서 오리피스들 간의 거리는 d에서 d'=(d×sin α)로 감소되고 프린트 헤드의 유효 길이는 D'=(D×sin α)로 감소된다. 간격 d'가 제2 스캐닝 방향(주 스캐닝 방향에 대략적으로 수직인 방향)에서 원하는 프린트 해상도와 동일한 경우, 각 α는 '사브르 각(saber angle)'으로 생각된다.

간격 d(양호한 실시예를 이용한 경우), 또는 d'(양호한 대안적 실시예를 이용한 경우)가 원하는 제2 프린트 해상도에 있지 않으면(즉, 프린트 헤드가 사브르 각에 있지 않으면), 층을 프린트하는데 있어서 최적의 효율을 위해 원하는 해상도는 d 또는 d'를 원하는 해상도의 정수 배수가 되도록 선택되어야 한다. 유사하게, α는 90 ° 로 프린트하는 경우, 간격은 제2 스캐닝 방향 뿐만 아니라 주 스캐닝 방향으로 인접한 제트들 사이에 존재한다. 이 간격은 d''=d×cos α로 정의된다. 다음으로, 이 주 스캐닝 방향 d''의 간격은 (분사 위치가 사각형의 격자 내에 위치한다는 가정하에서) 원하

는 주 프린트 해상도가 'd'의 정수 배수로 선택되는 경우 프린팅 효율이 최적이될 것이라는 것을 지시한다. 이는 다시 말해서 적당한 정수 M 및 P에 의해서 분할된 경우 d' 및/또는 d''(양호하게는 양자 모두)가 원하는 주 및 제2 스캐닝 해상도를 산출하도록 각 α가 선택된다는 것을 말할 수 있다. 양호한 프린트 헤드 방향(α=90°)를 사용하여 얻는 장점은 최적의 효율을 유지하면서 주 스캐닝 방향의 어떤 원하는 프린팅 해상도가 가능하다는 것이다.

다른 대안적인 실시예에서는, 끝과 끝을 이어서(엔드 투 엔드) 놓여지고(제2 스캐닝 방향으로 연장되고) 및/또는 배면을 맞대고(백 투 백) 적층된(주 스캐닝 방향으로 적층된)다수의 헤드들이 사용될 수 있다. 배면을 맞대고 적층된 경우, 프린트 헤드들이 주 방향으로 정렬된 오리피스들을 가지므로, 이들은 동일한 선들을 통해 프린트하거나 대안적으로는 서로 오프셋되어 서로 다른 주 스캔 라인들을 따라 물질을 분배할 수 있다. 특히, 발생할 주 스캐닝 통과의 수를 최소화하는 간격을 갖는 원하는 래스터 라인에 의해 제2 스캐닝 방향으로 서로 오프셋되는 백 투 백 프린트헤드들을 갖는 것이 바람직하다. 다른 별도 실시예에서, 피착 위치를 한정하는 데이타는 직사각형 그리드를 한정하는 픽셀에 의해 위치되기 보다는 일부 다른 패턴(예를 들면, 오프셋 또는 스테거된 패턴)으로 레이아웃된 픽셀에 의해 위치될 것이다. 특히, 피착 위치는 분사될 영역의 세부사항에 기초하여 전체 층 또는 층의 일부에 대한 부분 픽셀 낙하 위치 오프세팅을 수행하기 위해 층에서 층으로 완전히 또는 부분적으로 변한다.

현재의 양호한 프린팅 기술은 주 스캐닝 방향으로 인치 당 300, 600 및 1200 비말 및 제2 스캐닝 방향으로 인치 당 300 비말이 피착되는 것을 포함한다.

도1 및 도3을 참조로, 평탄화기(planarizer: 11)은 직조된(예를 들면, 깔죽깔죽한) 표면을 갖는 가열 회전 실린더(18a)이다. 그 기능은 이전에 분배된 물질 층을 용융, 이동, 제거하여 평탄화하고, 최근 형성된 층을 원하는 두께로 설정하며, 최근 형성된 층의 상부 표면을 소망된 레벨(예를 들면, 물체의 다음 라미나(lamina)를 형성하기 위한 소망된 작업 표면 또는 작업 레벨)로 설정하는 것이다. 번호(19)는 프린트 헤드에 의해 방금 피착된 물질층이다. 회전 실린더(18a)는 분배 플랫폼에 장착되어 Z-방향으로 충분한 양만큼 플랫폼의 하부측으로부터 돌출되도록 하여 오리피스판 아래의 소망된 레벨에서 물질층(19)과 접촉한다. 양호한 실시예에서, 이러한 양은 0.5mm 내지 1.0mm 범위로 설정된다. 실린더(18a)의 회전은 방금 피착된 층으로부터 물질(도면에서 21)을 쓸어내어(sweep), 흔적이 남은 평탄한 표면(20)이 생긴다. 물질(21)은 실린더의 깔죽깔죽한 표면에 부착되고 와이퍼(22)에 접촉할 때까지 이동된다. 도시된 것처럼, 와이퍼(22)는 실린더의 표면으로부터 물질(21)을 효과적으로 긁어내기 위해서 배치된다. 이러한 물질은 여전히 유동성이므로, 미국 특허 출원 번호 제08/534,477호에 개재된 물질 패키징 및 처리 시스템에서 다뤄지는 것처럼, 물질은 배치되거나 또는 재생된다.

도1을 참조로, 부분-빌딩 플랫폼(15)이 또한 제공된다. 이러한 플랫폼(15) 상에는 도면에서 14로 표시된 3차원 물체 또는 일부가 형성된다. 이러한 플랫폼(15)은 컴퓨터 제어하에서 Y-방향(즉, 인덱스 방향 또는 제2 스캐닝 방향)으로 플 랫폼을 제어 가능하게 전진 및 후진시키는 Y-단(16a 및 16b)로 슬라이딩 가능하게 결합된다. 플랫폼은 또한 컴퓨터의 제어하에 Z-방향으로 플랫폼을 제어가능하게 전진 및 후진(일반적으로 빌딩 공정 동안 아래로 진행)시키는 Z-단(17)에 또한 결합된다.

부분의 단면을 형성하기 위해서, Z-단은 프린트 헤드(9)에 관련하여 부분-빌딩 플랫폼(15)을 이동할 것을 지시하여, 최근-형성(즉, 배치되고 아마도 평탄화된) 부분(14)의 단면은 프린트 헤드의 오리피스 판(10) 아래에 적절한 양만큼 위치한다. Y-단과 결합된 프린트 헤드는 다음으로 XY 빌딩 영역 위로 1회 또는 그 이상 지나간다(헤드는 X 방향의 전-후로 지나가고, Y-단은 부분적으로 형성된 물체를 Y-방향으로 변형함). 물체의 최근 형성된 층과 이와 관련된 서포트는 다음 라미나 및 그와 관련된 서포트의 피착을 위한 작업 표면를 한정한다. XY 방향의 변경 동안, 프린트 헤드의 제트는 이전에 배치된 층들에 소정의 방식으로 분사되어 물체의 다음 라미나의 형성을 위해 소정의 패턴 및 순서로 물질을 피착한다. 분배 공정 동안, 분배된 물질의 일부는 상술한 방법으로 평탄화기에 의해 제거된다. X, Y 및 Z 운동으로, 분배 및 평탄화가 반복되어 선택적으로 분배되고 부착된 복수의 층들로부터 물체를 형성한다. 별도 실시예에서, 평탄화 단계는 분배 단계와는 독립적으로 수행된다. 다른 별도 예에서, 평탄화기는 모든 층에서 사용되지는 않고 선택된 주기적 층들에 사용될 수 있다.

전술한 것처럼, 양호한 실시예에서, 프린트 헤드는 래스터 패턴을 트레이스한다. 이의 예가 도4에 도시된다. 도시된 것처럼, 래스터 패턴은, X-방향 또는 주 스캐닝 방향으로 활주하고 Y-방향을 따라 정렬되는(즉, 인덱스 방향 또는 제2 스캐닝 방향) 일련의 래스터 라인, R(1), R(2), ...R(N)으로 구성된다. 래스터 라인은 간격 d 만큼 각자로부터 이격되는데, 이는 양호한 실시예에서는 1/3000 인치(약 3.3mils 또는 약 83,8㎛)이다. 프린트 헤드의 오리피스가 상술한 것처럼 26,67mils (0.6774㎛)의 간격 d을 갖고, 래스터 라인의 소망된 수가 오리피스 판의 길이보다 큰 간격, 약 2.56 인치(65.02mm)만큼 인덱스 방향으로 연장될 수 있으므로, 프린트 헤드는 모든 소망된 래스터 라인을 트레이스하기 위해서 작업 표면위로 여러번 지나가야 한다.

이는 아래의 2-단계 공정에 의해 완성된다. 제1 단계에서, 프린트 헤드는 작업 표면을 8회 통과하며, Y-단은 주 스캐닝 방향으로 각각의 통과 이후에 d 만큼 인덱스된다. 제2 단계에서, Y-단은 오리피스 판의 길이에 동일한 간격만큼 인덱스된다(2.5600인치+d_r(0.0267인치)=2.5867인치(65.70mm)). 이러한 2-단계 공정은 모든 소망된 래스터 라인이 트레이스될 때까지 반복된다. 다시 말하면, 양호한 2 단계 공정은 2개의 인접 제트에 의해 분배된 초기 라인들 사이의 모든 래스터 라인이 스캐닝될 때 까지 소망된 래스터 라인 해상도와 동일한 양의 주 스캐닝 방향 통과와 제2 스캐닝 방향 운동을 교번하는 제1 단계를 포함한다. 그후, 제2 단계는 큰 인덱스 방향 증가가 수행되는 것을 포함한다. 이러한 큰 인덱스 방향 증가는 프린트 헤드의 제1 오리피스와 최종 오리피스 사이의 간격에 1 래스터 라인 간격을 더한 값과 동일하다. 제1 및 제2 단계는 인덱스 방향 증가 및 스캐닝된 라인이 물체 단면을 형성하기에 필요한 모든 스캔 라인 상에 물질을 피착하기에 충분할 때까지 반복된다(다음 단면을 형성하기 위한 임의의 필요한 서포트 포함). 예를 들면 제1 통과에서, 프린트 헤드는 트레이스 래스터 라인 R(1)(도4의 오리피스10(1)을 통함), R(9)(오리피스 10(2)을 통함), R(17)(오리피스 10(3)을 통함) 등으로 향한다. Y-단은 다음으로 인덱스 방향으로 간격 d(1 스캔 라인)만

큼 빌딩 플랫폼을 이동시키도록 지시될 것이다. 다음 통과에서, 프린트 헤드는 트레이스 R(2)(10(1)을 통함), R(10)(10(2)을 통함), R(17)(10(3)을 통함) 등으로 향한다. 추가 6 통과가 다음으로 수행되어, 각각의 통과 이후에 간격 d만큼 인덱스되는 Y-단은 총 8번 지나가게 된다.

이때, 트레이스될 래스터 라인이 더 있는 경우, Y-단은 전체 길이의 오리피스 판(+d), 2.5867 인치(65.70mm), 과 동일한 양만큼 빌딩 플랫폼을 이동하도록 지시된다. 상술한 2-단계 공정은 모든 래스터 라인이 트레이스될 때까지 반복될 것이다. 별도 실시예에서, 다른 Y 증가는 Y 축을 따른 음 및 양 이동 모두를 포함하는 증가를 포함한다. 이는 초기에 건너뛴 래스터 라인을 스캐닝하기 위해서 수행된다. 이는 '인터레이싱(interlacing)'이라 칭하는 기술과 연관하여 더 설명될 것이다.

잉크 제트 오리피스의 분사는 제어 컴퓨터 또는 다른 메모리 장치에서 관리되는 직사각형 비트 맵에 의해 제어된다. 비트 맵은 메모리 셀의 그리드로 구성되는데, 각각의 메모리 셀은 작업 표면의 픽셀에 대응하며, 그리드의 행은 주 스캐닝 방향(X-방향)으로 연장되며, 그리드의 열은 제2 스캐닝 방향(Y-방향)으로 연장 된다. 행들(Y-방향으로 이격됨)의 폭(또는 그 사이의 간격)은 열(X-방향으로 이격됨)의 폭(또는 그 사이의 간격)과는 상이하여, 상이한 데이타 분석이 X 및 Y 방향을 따라서 있을 수 있다. 별도 실시예에서, 하나 또는 두 픽셀의 폭 또는 길이가 픽셀 위치에 따라 변하는 한 층 또는 2 층들 내에서 비-균일 픽셀 크기가 가능하다. 다른 별도 실시예에서, 다른 픽셀 정렬 패턴이 가능하다. 예를 들면, 인접 행 상의 픽셀은 주 스캐닝 방향의 픽셀들 사이의 간격의 분수 양만큼 주 스캐닝 방향에서 오프셋되어서, 그들의 중심점은 이웃 행의 픽셀의 중심점과는 정렬하지 않는다. 이러한 분수 양은 1/2이어서 그들의 중심점은 인접 행의 픽셀 경계와 정렬된다. 이러한 양은 1/3 또는 일정한 다른 양으로 될 수 있으며, 이때 2 또는 그 이상의 픽셀 중간 행이 행들 사이에 위치하도록 픽셀은 주 스캐닝 방향으로 재정렬된다. 다른 별도 예에서, 픽셀 정렬은 배치된 물체 또는 서포트 구조의 형태에 의존할 것이다. 예를 들면, 서포트 열들 사이의 갭을 브리지하도록 예정된 서포트 패턴의 일부를 형성하는 경우 픽셀 정렬을 시프트하는 것이 바람직하다. 이러한 및 다른 별도 픽셀 정렬 구성은 픽셀 구조를 개조하거나 높은 해상도의 픽셀 정렬(X 및/또는 Y 방향)을 별도로 한정하고 매 픽셀 위치에서 분사되지 않고 소정의 랜덤하게 선정된 또는 물체 기준의 패턴에 따라 가변할 선택된 공간 픽셀 위치 상에 분사하는 픽셀 분사 패턴을 사용하여 수행될 수 있다.

주 방향 픽셀(MDPs)의 관점에서 주 스캐닝 방향의 데이타 분석을 한정할 수 있다. MDP는 픽셀 길이 또는 단위 길이 당 픽셀의 수의 방식으로 설명될 수 있다. 양호한 실시예에서 인치 당 MDP=300 픽셀(26.67 mils/픽셀 또는 677.4㎛/픽셀). 다른 양호한 실시예에서, 인치 당 MDP=1200 픽셀이다. 유사하게, 제2 스캐닝 방향의 데이타 분석이 제2 방향 픽셀(SDPs) 방식으로 한정 될 수 있으며, SDPs는 픽셀 폭 또는 단위 길이 당 픽셀의 수의 방식으로 설명될 수 있다. 양호한 실시예에서 인치 당 SDP=MDP-300 픽셀(26.67 mils/픽셀 또는 677.4㎛/픽셀). SDP는 스캔 라인들 사이의 간격과 동일하거나 동일하지 않을 수 있고, MDP는 각각의 스캔 라인을 따른 연속적인 낙하 위치들 사이의 간격과 동일하거나 동일하지 않을 수 있다. 연속 래스터 라이들 사이의 간격은 제2 낙하 위치(SDLs)로서 한정되고, 각각의 스캔 라인을 따른 연속 낙하 위치들 사이의 간격은 주 낙하 위치(MDLs)로서 한정될 수 있다. SDPs 및 MDPs와 유사하게, SDLs 및 MDLs은 단위 길이 당 비말 또는 비말 간격 방식으로 한정될 수 있다.

SDP=SDL인 경우, 제2 스캐닝 방향을 따라 데이타와 낙하 위치들 사이에 일대일 대응 관계이고, 픽셀 간격은 스캔 라인 간격의 것과 동일하다. MDP=MDL인 경우, 주 스캐닝 방향을 따라 데이타와 낙하 위치들 사이에는 일대일 대응 관계이다.

SDL 및/또는 MDL이 각각 SDP와 MDP보다 크면, 데이터가 존재하는 것보다 더 많은 비말이 분사될 필요가 있으며, 그 결과 각 픽셀들은 한 개 이상의 비말이 제거되는 것을 유발하는데 사용된다. 이러한 과잉 비말들의 제거는 연속적인 픽셀들의 중심들의 중간점(즉, 중간 낙하 'ID') 또는 픽셀 중점들의 상부에서 직접적으로(직접 낙하 'DD') 비말들을 제거하는 두 가지 방법 중의 하나에 의해 수행된다. 각각의 경우에서 이러한 기술은 '오버프린팅(overprinting)'으로 불리고, 결과적으로 재료가 더 빨리 형성되게 하며, 프린트 헤드 및/또는 물체가 더 천천히 움직이 는 반면에 동일한 Z-형성이 발생할 수 있기 때문에 최대 스캐닝 속도 및 가속 비율을 포함하는 역학적 설계 제한 요소들을 완화한다. ID 오버프린팅과 DD 오버프린팅의 차이가 도 6a 내지 도 6d에 도시된다. 도 6a는 프린트 헤드가 방향(64)으로 이동할 때, 피착된 단일 비말(60)과 그것을 둘러싼 관련 고형화 영역(62)을 도시한다. 반면에, 도 6b는 프린터 헤드가 방향(64)으로 이동할 때, 단일 데이터 포인트와 관련하여 두 개의 비말(60, 66)이 피착되는 영역으로 경화되었으나 ID 오버프린팅을 이용한 동일한 영역을 도시한다. 피착 영역은 영역(68)에 의해 도시되는 두 개의 비말에 의해 채워진다. 도 6c는 4개 비말 오버프린팅 설계에 대한 유사한 상황을 도시하며, 여기에서 비말들은 참조 번호 60, 70, 66 및 72로 표시되고, 피착 영역은 76으로 표시되며, 스캐닝 방향은 여전히 참조 번호 64로 표시된다. 도 6d는 픽셀 라인(78, 80, 82, 84, 86, 88)에 대한 유사한 상황을 도시하며, 여기에서 참조 번호 90은 오버프린팅 없는 피착 영역의 길이를 나타내며, 참조 번호 92는 4개 비말 ID 오버프린팅 기술이 사용되었을 때 피착 영역의 길이를 나타낸다. 상기의 사항은 ID 오버프린팅이 근사적으로 1/2에서 1 바로 아래까지의 부가적인 픽셀 길이를 그것이 사용되는 임의의 영역에 부가시킨다는 표현으로 일반화될 수 있다. 물론, 사용된 오버프린팅 비말이 많을수록, 픽셀 영역이 가질 수직 성장도 많아진다.

SDL 및/또는 MDL이 각각 SDP와 MDP보다 작으면, 데이터가 존재하기 위한 것보다-최소한 프린트 헤드의 주어진 통과에 대해 더 적은 위치에서 비말이 분사될 것이다. 이러한 데이터 상황은 전술한 오프셋 픽셀 및/또는 비균일 픽셀 기술을 구현하는데 사용될 수 있다.

도 5에 M열 격자에 의한 N 행이 도시된다. 도시된 바와 같이 격자 내의 열은 R(1), R(2),...,R(N)으로 표시되며, 격자 내의 행은 C(1), C(2),...C(M)으로 표시된다. 격자를 구성하는 픽셀들도 마찬가지로 도시된다. 이들은 P(1, 1), P(1, 2),...,P(M, N)으로 표시된다.

단면을 형성하기 위해, 비트 맵이 요구되는 횡단면의 데이터 샘플과 함께 (물론 형성이 요구되는 다른 서포트들도 함께) 첫 번째로 적재된다. 바람직한 실시예에서와 같이 단일의 형성 및 서포트 재료가 사용되었다고 가정할 때, 만일 주어진 픽셀의 위치에 재료를 피착시킬 것이 요구된다면, 그 위치에 관련된 메모리 셀은 적절하게 플래그(flag) 된다(예를 들면, 2진수 '1'). 복수의 재료가 사용되는 경우에는, 피착 위치에 관련되는 셀들은 비말 위치 위치 뿐만 아니라 피착되어야할 재료의 유형을 지시하기 위하여 적절하게 플래그 된다. 데이터의 조작을 완화하기 위하여, 물체 또는 서포트 영역을 정의하는 압축된 데이터(예를 들면, 각 래스터 라인을 따르는 온-오프 위치 포인트)는 분배 제트(dispensing jet)를 분사하는데 이용될 최종 비트 맵 표현을 유도하기 위한 특정 영역에 대하여 사용되기 위해 충전 패턴 기재(fill pattern description)로 부울(boolean)된다. 그 후에, 격자를 형성하는 래스터 라인들은 전술한 방식을 따라 개별 오리피스에 할당된다. 그 다음, 비트 맵 내의 관련 셀들이 플래그된 방식에 기초하여 특정 오리피스가 픽셀로 분사 또는 분사되지 않도록 지시된다.

전술한 바와 같이, 프린터 헤드는 다른 많은 해상도에서 비말들을 피착시킬 수 있다. 본 발명의 바람직한 실시예에서는, 인치 당 SDP = SDL = 300 픽셀 및 비말이다. 그러나, 바람직한 실시예에서 MDP는 세 가지의 다른 값을 가질 수 있다. 1) 인치 당 MDL =300 비말 및 인치 당 MDP =300 픽셀; 2) 인치 당 MDL =600 비말 및 인치 당 MDP = 300 픽셀; 3) 인치 당 MDL = 1200 비말 및 인치 당 MDP = 300 픽셀. MDL 대 MDP의 비가 1 보다 큰 경우에서, 픽셀 당 잉여 비말들은 픽셀들의 중심들 간의 중간 위치(ID 오버프린팅)에서 발생하도록 만들어진다. 현재 선호되는 프린트 헤드 및 재료에서, 비말 당 부피는 약 100 피코리터이며 이것은 대략 2mil (50.8 ㎛)dml 직경을 갖는 비말이 된다. 현재 선호되는 프린트 헤드에서 최대 분사 주파수는 약 20 ㎑이다. 비교 결과, 13 ips에서 1200 dpi의 분사 비율은 16 ㎑의 주파수를 포함하며, 이것은 허용 가능한 한계이다.

선택적 피착 모델링 시스템(예를 들어 열 스테레오리소그래피)에서 부분 형성에 적합한 데이터 생성을 위한 것으로 서포트의 데이터 샘플들을 포함하는 첫 번째의 바람직한 실시예가 도 7에 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 본 방법은 부울 층 슬라이스 공정(Boolean Layer Slice process)(모듈 31로 표시)를 이용하여 .STL 파일(30)을 .SLI 파일(32)로 전환하기 시작한다. .STL 및 .SLI 포맷뿐만 아니라 부울 층 슬라이스 공정이 상기에서 참고된 U.S. 특허 및 출원(구체적으로 U.S. 특허출원 No. 08/475,730; 이후로 '730으로 언급)에 개시되어 있다.

그 다음에, .SLI 파일은 .SLI 포맷의 서포트 파일을 생성하는 모듈(33)으로 입력된다. 참조 번호 34로 표시되며 서포트들의 데이터 샘플인 .SLI 파일은 모듈(35)에서 참조 번호 32로 표시되는 물체들의 데이터 샘플 .SLI 파일로 수렴된다. 결과는 물체와 서포트의 경계를 나타내는 .PFF 파일(36)이다.

그 다음에 .PFF 파일은 상기 언급된 '730 출원에 개시된 해칭 기술을 이용하여 스타일 파일(38)에 의해 결정된 스타일에 따라 모듈(37)에서 해칭된다. 해칭 라인과 물체 및 서포트의 경계 사이의 교점은 .RLE 파일(39)을 준비하는데 이용된다.

본 실시예의 문제점은 속도이다. 도 8a 및 도 8b에 도시된 바와 같이, 공정은 도 8a에서 참조 번호 47로 표시된 것과 같은 슬라이싱(slicing) 평면으로 .STL 파일(46)을 가로질러, 도 8B에 참조 번호 48로 표시된 것과 같은 각 단면에 대한 세그먼트 리스트를 생성한다. 그 후에 세그먼트들은 정렬되고, 내부 세그먼트들은 제거되며, 적절한 끝점이 포함되어 다각형을 형성한다. 예를 들어 도 9에서, 세그먼트(48)들은 다각형(49)을 형성하기 위해 설명된 방법대로 처리된다.

이러한 공정은 세그먼트들을 정렬하기 위해 수행되어야만 하는 비교의 수와 다각형 위에 부울 연산을 수행하기 위해 요구되는 시간 때문에 시간 소모가 많다. 예를 들어, N 세그먼트의 리스트에 대해, 정렬 단계는 N^2 회의 비교를 필요로 한다. 또, N 세그먼트로 구성되는 다각형 위에 부울 연산을 수행하는 처리도 N^2 의 연산을 필요로 한다. 이러한 두 가지의 이유로 인해 빌딩 데이터를 형성하는 처리는 전형적으로 몇 시간으로 매우 길다. 그러나, 이러한 접근의 한 가지 장점은 경계 세그먼트들이 다중 리스트로 정렬되기 때문에, 비말 폭 보상은 '730 출원에 개시된 보상 루틴과 유사한 방식으로 이러한 경계 상에 수행될 수 있다.

이러한 문제점을 극복하기 위한 바람직한 제2의 실시예가 도 10에 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 첫 번째로, .STL 파일(40)은 모듈(41)을 통해 .CTL 파일(42)로 압축된다. .STL 파일을 .CTL 파일로 압축하는 과정은 상기 언급된 U.S. 특허 출원 08/428,951에 개시되어 있다. 두 번째로 모듈(44)에서 입력으로 제공된 스타일 정보(43)에 기초하여, .CTL 파일은 해칭 또는 스킨 유형의 데이터만 RLE(Run Length Encoded) 파일로 출력된다는 것을 제외하고 전술한 '730 특허와 동일한 방식으로 슬라이스된다.

첫 번째로, 도 11a에 도시된 바와 같이, .STL 파일을 만드는 삼각형은 Z 방향에서 상하로 분류된다. 더 상세하게 말하자면, 참조 번호 50으로 표시된 바와 같이, 삼각형들은 각 삼각형들에 대해 최대 Z값의 내림차순으로 분류된다. 도시된 바와 같이 삼각형의 순서는 A, B, C, D 이다.

요구되는 상하 분류는 삼각형들이 각 삼각형의 최대 Z 값의 오름차순으로 분류된 도 11a에서 참조 번호 51로 표시된 것과 같은 바텀-업(bottom-up) 분류와 대조되어야만 한다. 표시된 바와 같이, 결과의 순서는 B, C, A, D 이다.

그 후에 각각의 슬라이싱 레벨에서, 활성 삼각형의 리스트는 현 레벨 지시자 및 인덱스 포인터의 사용을 통해 결정된다. 인덱스 포인터는 주어진 레벨에 대한 삼각형의 리스트를 통해 진행되고, 현 레벨보다 완전하게 위에 있는 삼각형들은 모두 고려 대상에서 제외된다. 삼각형이 현 레벨 지시자에 의해 교차되면, 그것은 리스트에 첨가된다. 공정은 인덱스 포인터가 현 레벨보다 완전하게 낮은 삼각형들을 지시할 때까지 계속된다. 이 때, 그 레벨에 대한 활성 삼각형의 리스트가 완성 된다. 그 후에 레벨 지시자는 더 낮은 레벨을 지정하며, 공정이 계속된다.

도 11b는 현재의 레벨 지시자가 레벨(52a)에 있는 경우의 공정을 도시한다. 인덱스 포인터(53)는 왼쪽에서 오른쪽으로 진행하고, 도면에서 참조 번호 54a로 표시된 현 레벨과 교차되는 두 개의 삼각형이 활성 삼각형 리스트에 첨가된다. 그 후에 공정은 인덱스 포인터가 삼각형(55a)을 지시할 때까지 계속된다. 그 삼각형은 현 레벨보다 완전하게 아래에 있기 때문에, 공정은 인덱스 포인터(53)가 삼각형(55a)을 지정하면 중지하게 된다.

도 11c는 레벨 지시자가 레벨 지시자가 레벨(52b)로 진행했을 때의 공정을 도시한다. 인덱스 포인터는 0으로 리셋되고, 왼쪽에서 오른쪽으로 진행한다. 레벨 위의 삼각형들 각각은 무시되며, 레벨과 교차하는 각 삼각형들이 활성 삼각형의 리스트에 첨가된다. 이 도면에서, 이러한 삼각형들은 참조 번호 54b로 표시된다. 공정은 인덱스 포인터가 삼각형(55b)을 지시하면 종결되는데, 이는 삼각형(55b)이 레벨의 아래에 있는 첫 번째 삼각형이기 때문이다.
각각의 슬라이싱 레벨에 대한 활성 삼각형들은 x-y 평면 상에 세그먼트의 세트를 형성하기 위하여 그 레벨과 교차된다. 바인딩된 삼각형들은 고체화되고, 고체에서 멀어지는 방향을 향하기 때문에(여기에 참고로 포함된 미국 특허 No. 5,059,359; 5,137,662; 5,321,622; 및 5,345,391에 개시된 바와 같이), 그에 따른 세그먼트도 방향을 갖게 된다. 그들을 경계 루프로 정렬할 필요 없이, 이러한 세그먼트들로부터 물체 단면을 표현하는 .RLE 데이터가 '730 특허 출원에 개시된 것과 동일한 해칭 알고리즘을 이용하여 얻어질 수 있다.
도 12a는 단면(경계 루프를 형성하기 위해 정렬된 세그먼트)의 다각형 표현을 도시하며, 도 12b는 동일 단면을 표현하는 .RLE(Run Length Encoded)를 도시한다. 데이터를 생성하기 위해, 다각형 표현은 복수의 레스터 또는 스캔 라인들로 오버레이되며, 그 다음에 레스터 또는 픽셀 라인들이 다각형 표현과 교차하는 곳에서 온/오프 지시자와 관련된 각 교점에서 개시/ 중지 쌍들의 리스트가 생성된다. 주어진 스캔 라인에 대해, 교점에 대한 온/오프 지시자는 온 및 오프 위치에서 교체되어 스캔 라인이 고체에 들어가는지 또는 나가는지를 지시한다. 예를 들어, 도 12b에서, 연속적인 스캔 라인의 '온(on)' 부분은 참조 번호 56(1), 56(2), 56(3),... 및 56(11)으로 표시된다.
.RLE 포맷은 고체 내의 각 포인트들이 개별의 데이터 포인터로 표현된 도 12c에 도시된 픽셀 포맷과 대조되어야만 한다. 이러한 데이터 표현 형식의 문제는 크기이다. 예를 들어, 300 DPI(Dots per inch)에서 10 인치 단면은 900만 비트의 정보를 요구한다.
물체 단면에 대해 .RLE 데이터를 생성하는 과정이 도 13a 내지 13c에 도시되어 있다. 도 13a에 도시된 바와 같이, 도면 내에서 참조 번호 57로 표현된 단면 등의 각각의 단면에 대해 참조 번호 58로 표시되는 리스트들의 배열이 형성되며, 배열 내의 각 리스트들은 x 방향에서 주어진 y 레벨로 확장된 스캔 라인과 관계된다. 그 후에, 단면 내의 각 세그먼트들을 차례로 고려하여, 각 세그먼트들 사이의 교점과 스캔 라인들이 기록되며, 이러한 교점들을 표현하는 데이터들이 배열 내의 각 리스트들에 첨가된다. 예를 들어, 도 13b는 세그먼트 한 개를 고려하여 리스트 에 첨가된 도면에서 참조 번호 59로 표시되는 첨가물들을 도시한다.
각각의 'y' 위치에 대해 리스트들에 첨가된 특정 데이터 아이템들은 두 부분의 정보-양적 부피(QV) 값 및 교점의 X좌표-를 포함한다. 세그먼트가 Y방향으로 증가하는 곳에서의 교점은 2의 QV 값을 가진다. 세그먼트가 Y 방향으로 감소하는 곳에서의 교점은 -2의 QV 값을 가진다. 세그먼트가 한 스캔 라인에서 발생하거나 소멸하면, 교점은 하프-히트(Half-hit)로 카운트한다. 즉, 관련 QV는 세그먼트가 y방향으로 증가하는지 감소하는지에 따라 1 또는 -1이다. 예를 들어 도 13b에서, 세그먼트(1)는 y방향으로 증가하고 있다. 그러므로, 연속적인 스캔 라인들과 이 세그먼트들의 교점과 관련된 QV 값들은 각각 1, 2, 2, 2 및 2 (스캔 라인이 세그먼트(1)의 팁과 만나지 않는다고 가정하면) 이다. 또, 세그먼트(1)와 연속적인 스캔 라인들 사이의 교점의 x좌표는 각각 126, 124, 122, 120 및 118 이다. 도시된 바와 같이, 배열에 첨가된 데이터들은 이러한 값들을 포함한다.
도 13c는 세그먼트(2)에 대한 고려를 통해 배열에 대한 첨가물들을 도시한다. 그 세그먼트는 y 방향으로 증가하며, 두 개의 연속적인 스캔 라인들에서 발생 및 소멸한다. 제1 스캔 라인의 교점의 x 좌표는 144 이고, 제2 스캔 라인의 교점의 x좌표는 126 이다. 상기 값들을 병합한 어레이에 대한 2개의 부가물은 참조기호 60(1)과 60(2)으로 표시되어 있다.
하프 히트(half hit)의 목적은 도 14를 고려하면 이해될 수 있다. 도시된 바와 같이, 세그먼트와의 교차점에 연관된 QV 값을 사용하여 스캔 라인과 세그먼트를 교차시키는 매 시간마다 갱신되는 실행 QV 합계가 각각의 스캔 라인이 연관된 다. 만약 스캔 라인이 고체의 내부에 있다면, 실행 QV값은 2이고, 만약 주사 고체 외부에 있다면, QV값은 0이다. 그러므로, 스캔 라인이 고체 외부에 있고 경계를 가로지를 때, 고체 내부에 있는 것이 필수적이다. 역으로, 만약 스캔 라인이 고체 내부에 있고 경계를 가로지른다면, 스캔 라인이 고체 외부에 있거나 또는 제1 물체를 오버래핑하는 제2 고체 물체에 진입하는 것이 필수적이다. 그 다음에, -2 또는 2 값이 실행 합계에 더해져서 전이를 표시한다.
만약 스캔 라인이 도 14의 점 A에 표시된 바와 같은 정점을 가로지른다면, 스캔 라인은 실제로 고체에 진입할 때 2개의 세그먼트를 가로지른다. 그러므로 각각의 세그먼트는 1값을 실행 QV 합계에 부가한다. 이것이 이러한 정점들과 연관된 QV 값이 1과 -1 중 하나로 유지되는 이유이다.
스캔 라인이 상태를 변화시키는 실행 QV 값 없이 정점을 가로지르는 것이 가능하다는 것에 주의해야 한다. 도 14의 점 B에 도시된 바와 같이, 정점을 형성하는 세그먼트들은 각각 교차점에서 -1과 1의 QV 값을 갖는다. 그 결과 스캔 라인과 연관된 실행 QV 합계는 변화되지 않는다. 용적(QV)에 대한 추가 정보는 앞서 참조된 '730 U.S. 특허 출원에서 찾을 수 있다.
모든 세그먼트들에 대한 스캔 라인 교차가 리스트에 추가된 후, 다음에, 각각의 스캔 라인에 대한 리스트가 X방향의 오름차순으로 정렬된다. 다음에, 부울 추출 루틴이 각각의 스캔 라인에 대한 올바른 부울 대수화된 세그먼트를 추출하도록 사용된다.
양호한 추출 루틴은 리스트 내의 각각의 연속적인 데이타 지점의 QV 값이 실 행 합계에 가산되는 실행 QV 카운트를 유지하는 것과 관련된다. 실행 QV 합계가 0일 때 2인 QV값, 즉 '개시'점을 갖는 임의의 데이타 지점과, 실행 합계가 2일 때(즉, 2로부터 0으로 전이) -2인 QV값, 즉 '중지'점을 갖는 임의의 데이타 지점이 유지된다. 상기 처리는 그 연속적인 단계들이 참조기호 (61), (62), (63). (64), (65), (66), 및 (67)로 표시된 도 15에 도시되어 있다. 참조기호(68)로 표시된 현재 항목 포인터가 원본 리스트 내의 연속적인 항목을 포인팅하는 데 사용된다. 참조기호(70)으로 도면에 표시된 '유지(Kept)' 리스트는 또한 상술한 규정 조건을 일치시키는 개시 및 중지 지점을 유지하는 데 사용된다. 도시된 바와 같이, 이러한 처리를 통해 제1 개시점, 즉 개시 20과, 최종 중지점, 즉 중지 70이 유지된다. 이 결과가 물체의 단

면의 라인을 기술하는 .RLE 데이타이다. 모든 단면에 대한 모든 라인들에 상기 기술을 적용함으로써 물체에 대한 RLE 묘사(description)을 생성한다.
물체 단면의 다각형 묘사를 형성하기 위해 슬라이싱 평면과 함께 삼각형을 폴리리스트('622 특허에 설명됨)들로 교차시킴으로써 형성된 세그먼트들을 정렬시키는 것이 필수적인 것은 아니라는 것이 인식될 것이다. 논의된 바와 같이, 세그먼트들을 폴리리스트들로 정렬시키는 것은 시간이 드는 작업이다. 형성된 .RLE 데이타가 .STL 파일이 적절하게 결합 또는 분리되지 않았을 때(즉, STL 파일이 물체 오버랩 소자를 포함하지 않음)에도 성공적으로 결합된다는 것이 또한 인식될 것이다.
다각형 묘사 이상의 .RLE 묘사의 이익은 부울 대수 연산이 훨씬 간편하고 신 속해진다는 것이다. 부울 대수 추출 알고리즘은 이미 논의되었다. 나머지 다른 연산은 부울 가산, 감산, 및 논리곱(intersection) 연산이다.
이러한 연산들을 가장 효과적으로 수행하기 위해서는, 상대적 표현과 반대인 절대적 표현으로 .RLE 데이타를 표현하는 것이 유리하다. 예를 들어, x 위치(100)에서 개시하고 30 픽셀 동안 머무르는 라인은 위치(100)에서 개시되고 위치(130)에서 중지되는 한 쌍의 시작/중지 지점의 형태로 표현되어야 한다. 그러므로, 도 16을 참조하면, 도면에 참조기호(71)로 표시된 라인 A를 위한 .RLE 데이타와, 도면에 참조기호(72)로 표시된 라인 B를 위한 .RLE 데이타는 다음과 같이 표현된다. A=[(개시 20), (중지 48), (개시 60), (중지 89)], B=[(개시 37), (중지 78)]
이러한 2개의 라인들의 부울 가산의 계산은 2 세트의 데이타를 병합시키고, x 방향에서 정렬된 병합 리스트를 유지하는 것을 포함한다. 그 결과는 [(개시 20), (개시 37), (중지 48), (개시 60), (중지 78), (중지 89)]이다. 그 다음에, 병합 리스트는 처음에 논의된 부울 대수 추출 알고리즘으로 처리되어, 예를 들어, 개시 위치는 2로 할당된 QV 값이고 중지 위치는 -2로 할당된 QV 값이며 0에서 2로 또는 2에서 0으로의 QV 전이를 발생하는 위치들에만 유지된다. 그 결과는 도 16에 참조기호(73)으로 표시된 부울 가산 A + B를 나타내는 데이타 쌍 [(개시 20), (중지 89)]이다.
2개의 라인들의 부울 감산을 계산하는 것은, 2개의 리스트가 병합되기 전에, 감산되는 리스트의 QV 값의 부호가 역으로 되어 개시 전이가 중지 전이로 되거나 그 반대로 되는 것을 제외하고는 부울 가산 연산에 관한 상기 단계들과 동일한 단 계들을 포함한다. A - B 연산의 결과는 도 16의 참조기호(74)로 표시되어 있다.
2개의 라인들의 부울 대수 논리곱을 계산하는 것은 추출 루틴이 -2인 초기 QV 값으로 시작하여 수행되는 것을 제외하고는 가산 연산과 동일한 단계들을 포함한다. A와 B 간의 논리곱은 도 16에 참조기호(75)로 표시되어 있다.
2차원 부울 대수 연산 또한 용이하게 수행될 수 있다. 2차원 영역에 대해서는 절대적 형태로 양호하게 표현된 복수의 .RLE 라인에 의해 각각 표현된다. 부울 연산은 각각의 영역 내의 대응 라인들의 연속적인 쌍 각각에 연속적인 부울 라인 연산을 수행함으로써 행해진다. 도 17은 이 처리를 도시하고 있다. 참조기호(76)으로 표시된 라인들의 세트는 영역 A를 나타내고, 참조기호(77)로 표시된 라인들의 세트는 영역 B를 나타낸다. 이러한 2개의 영역의 부울 가산 A + B는 참조기호(78)로 표시되어 있고, 상기 2개 영역의 부울 감산 A - B는 참조기호(79)로 표시되어 있다.
한편, 다각형 데이타에 관련된 .RLE 데이타 사용 시의 결점은 요구되는 메모리의 양이다. 고 해상도에서의 .RLE 형태 내에 층 마다 저장하는 것은 전형적 부분을 위해 기억 장치의 100 MB 이상을 필요로 할 것이다. 이는 주 메모리가 너무 커서, 디스크 상에 큰 파일을 저장하는 데 문제가 된다. 이 문제는 하부에서 상부로 진행되는 부분 빌딩의 순서와 상부에서 하부로 진행되는 다음에 설명될 서포트 구조를 구성하는 순서 간의 차이로 해결된다.
다음에 논의되는 바와 같이, 출력 파일은 현재 단면 이상의 매 단면 마다의 부울 대수 합계만이 아니라 각각의 단면에 대해 .RLE 묘사가 그 단면에 대해 제공 되는 서포트를 구성하는 데 요구된다. 기본적으로, 이 기술은 단면의 .RLE 묘사와 그 단면의 '현재 합계'의 .RLE 표면, 즉 현재 층 위의 모든 층들의 부울 대수 결합 간의 부울 대수 감산을 계산하는 것을 포함한다. 이러한 기본 기술을 위한 의사 코드가 도 18에 도시되어 있으며, get_part(level)은 규정 레벨에서의 단면의 .RLE 표면을 제공하는 기능을 나타내고; boolean_subtract(current_total = area A, part_for_layer = area B)은 영역 B로부터 영역 A를 감산한 부울 대수의 결과를 제공하는 기능을 나타내고; boolean_add(영역 A, 영역 B)는 영역 A와 영역 B 간의 부울 대수 가산을 제공하는 기능을 나타낸다.
서포트들이 메모리 내에 동시에 저장되는 부분 및 현재 합계 데이타 전체를 요구하지 않으면서 구성되는 것을 허용하는 메모리 관리를 수행하기 위한 알고리즘이 설명될 것이다. 양호한 알고리즘은 2개의 단계로 진행된다.
제1 스테이지에서, 부분 층들이 그 부분의 상부로부터 시작하여 부분 층들의 부울 대수 합의 실행 합계를 유지하도록 연속적으로 고려된다. 층과 마주치면, 그 층에 대한 현재의 합계(즉, 갱신된 실행 합계)가 이전 층으로부터의 실행 합계의 영역과 현재 층의 영역 간의 부울 대수 가산을 계산함으로써 계산된다. 그러나, 모든 층들에 대한 현재 합계 데이타를 저장하는 대신에, 중간 층들에 대한, 즉 N이 100인 N번째 층 마다 현재 합계 데이타만이 저장된다. 현재 합계 데이타의 나머지는 무시된다.
제1 스테이지는 부분(80)과 도면에 참조기호(81)로 표시되어 있는 연관된 서포트들과 관련하여 도 19에 도시되어 있다. 각각의 층들에 대한 현재 합계들의 상 하부 발생은 참조기호(82)로 표시되어 있으며, 이들의 중간물은 참조기호(83)으로 표시되어 있다. 이러한 제1 스테이지를 위한 의사 코드는 도 20에 도시되어 있으며, get_part function은 도 18에 관해 앞서 설명된 것이고, boolean_addition function은 부울 대수 연산의 설명에서 앞서 설명된 것이다.
제2 스테이지 중간층을 선택하고 그 중간층과 다음의 중간층 간의 모든 층들에 대한 현재 합계를 이미 설명한 방식으로 상하부 계산을 수행하는 것을 포함한다. 각각의 층에 대해 부분 및 현재 합계 데이타로 구성된 데이타는 그 다음에 하부에서 상부로 출력된다. 이것이 이루어질 때, 현재 중간층, 및 현재 중간층과 다음의 더 낮은 중간층 간의 데이타가 삭제될 수 있고, 이 처리는 다음의 더 높은 중간층에 대해 반복된다.
이러한 제2 스테이지는 도 19와 비교하여 동일한 요소들은 동일한 참조기호로서 참조되는 도 21에 도시되어 있다. 이러한 제2 스테이지의 참조기호들(84-87)로 표시된 4 단계가 도시되어 있다. 단계(84)에서, 참조기호(88)로 표시된 중간층들(14 및 15)(예를 들어, 부분 또는 물체의 하부) 간의 모든 층들에 대한 현재 합계가 결정되고 저장된다. 다음에, 단계(85)에서, 이러한 층들에 대한 서포트들이 하기에 설명되는 방법을 사용하여 결정되고, 다음에 저장된다. 그

다음에 (14)와 (15) 간의 부분 및 전체 데이타는 삭제된다. 그 다음에, 단계(86)에서, 도면에 참조기호(89)로 표시된 (13)과 (14) 간의 각각의 층들에 대한 부분 및 전체 데이타가 결정되고 저장된다. 최종적으로, 단계(87)에서, 이러한 층들에 대한 서포트들이 결정되고 빌딩을 위해 출력된다. 그 다음에 이러한 층들에 대한 데이타는 삭제된 다. 그 다음에 이 처리는 중간층 마다를 위해 반복된다.

이러한 알고리즘은 서포트 발생 처리에 대한 메모리 요구도를 현저하게 감소시킨다는 것이 인식될 것이다. 만약 N이 2개의 연속적인 중간층들 간의 층 수라면, 한 번에 저장되는 층 수는 중간층들의 수 + 2N과 같게 된다(부분 및 합계가 요구되므로). 만약 T가 전체 층 수라면, 저장된 층들의 수는 T/N + 2N과 같게 된다. 다음에, 최적 메모리 사용이 N = (T/2)의 평방근일 때 얻어진다. 그러므로, 전체 5000 층에 대해서는, 중간층 N의 최적 수는 50이다. 임의의 시간에 저장되어야 하는 전체 층 수는 그러므로 200이다.

메모리 요구도는 전술한 알고리즘을 2레벨 중간층으로 더 연장시킴으로써 감소될 수 있다. 도 22에 도시된 바와 같이, 알고리즘은 참조기호(90, 91, 및 92)로 도면에 도시된 3개의 스테이지로 진행된다. 제1 스테이지에서, 참조기호(90)으로 표시된 제1 레벨 중간층이 결정된다. 제2 스테이지에서, 참조기호(91)로 도시된 제2 레벨 중간층이 2개의 제1 레벨 중간층들 사이에서 결정된다. 그 다음에, 제3 스테이지에서, 도면에 참조기호(92)로 도시된 2개의 연속적인 제2 레벨 중간물들 간의 모든 층들에 대한 현재 합계가 결정되고 저장된다. 이러한 층들을 위한 서포트를 계산한 후에, 데이타는 무시되고, 처리는 다음의 제2 레벨 중간물에 대해 반복된다. 현재의 제1 레벨 중간물과 연관된 모든 제2 레벨 중간물들이 처리되었을 때, 다음의 제1 레벨 중간물이 처리된다.

만약 제1 레벨 중간물의 수가 N이고 제2 레벨 중간물의 수가 M이라면, 이러한 3 스테이지 처리를 위한 메모리 요구도는 (T/N) + (N/M) + 2M이다. 만약 T = 5000, N = 288, 및 M = 14라면, 한 번에 저장되어야 하는 층 수는 66이다. 이러한 3 스테이지 처리는 계산 시간을 증가시키므로, 3 스테이지 처리가 바람직한 경우인 매우 얇은 층 또는 다수의 층이 포함되지 않았다면 2 스테이지 처리가 바람직하다.

논의된 바와 같이, 주어진 층을 위한 .RLE 데이타는 각각의 전이와 연관된 x 방향에서 한 세트의 개시 및 중지 전이로 구성된다. 도 23에 도시된 데이타는 예를 들어, 참조기호(102, 104, 106, 및 108)로 각각 표시된 레스터 라인 A=[(개시 20), (중지 48), (개시 60), (중지 89)], 및 참조기호(112 및 114)로 표시된 레스터 라인 B = [(개시 35), (중지 72)]과 같은 개시 및 중지 위치 및 레스터 라인들에 대응한다. 이러한 데이타를 저장하기 위한 한 방법은 도 24의 의사 코드에 도시된 시작/중지 전이의 링크된 리스트로 구성된다. 어레이와 비교하여, 링크된 리스트는 스캔 라인 당 요구되는 전이 수에 유동성과 가변성을 용이하게 허용하기 때문에 링크된 리스트가 바람직하다. 문제는 최소한 3개의 개별적인 이유로 현저히 저하시킬 수 있는 다수의 동적으로 할당된 소 메모리 청크들(chunks)의 사용하게 된다는 것이다. 첫째, 시스템 호를 필요로 하므로 동적 메모리 할당은 시간을 소비한다. 둘째, 동적 메모리의 각각의 청크는 부기에 사용되는 것과 연관된 숨겨진 기억장치 오버헤드를 갖는다. 셋째, 논리적으로 인접한 정보의 단편이 다수의 캐시 미스를 일으키는 불연속 메모리에 배치된다.

이들 문제를 해결하기 위해서, 데이타 구조의 또 하나의 형태가 선호된다. 1200 DPI의 해상도에서, 전형적인 부분 내의 전이는 15 비트로 표현될 수 있다. 그러므로, (2개의 스페어 비트를 갖는) 32 비트 워드는 시작(개시)/중지(중지) 쌍 을 표현하는데 사용될 수 있다. 이 데이타 구조는 도 25의 의사 코드에 도시되어 있다. '최종' 플래그는 시작/중지 쌍이 특정한 스캔 라인에 대한 셋트 내의 최종의 것인지 여부를 표시하는데 사용된다. 그렇다면, '최종' 비트는 논리 '1'로 셋트된다. 그렇지 않으면, 이 비트는 논리 '0'으로 셋트된다. 이 경우에, 시퀀스 내의 다음 시작/중지 쌍은 바로 안접한 메모리 위치 내에 저장된다. 이 구조는 많은 수의 전이 점이 메모리의 연속하는 블록 내에 저장되게 하고, 2 바이트가 전이 마다 제공된다. 이러한 구조의 예가 도 26에 도시되어 있는데 도 23에 사용된 것과 유사한 참조 번호가 유사한 소자에 표시된다. 도시한 바와 같이, 라인 A는 도시한 바와 같이 연속하는 32 비트 워드내에 각각 저장되는, 2개의 전이 쌍 [(시작20), (중지48)] 및 [(시작60), 중지(89)], 소자 (102, 104, 106 및 108))로 이루어진다. 제1 워드내의 '최종' 비트(122)는 논리 '0'으로 리셋되어 스캔 라인을 위한 부가 데이타가 따른다는 것을 표시하고, 제2 워드의 '최종' 비트(124)가 논리 '1'로 셋트되어 부가 데이타가 따르지 않는다는 것을 표시한다. 라인 B는 참조 번호(112 및 114)로 각각 참조된 [(시작 37), (중지 78)]로 표시된 바와 같이 단일 쌍의 시작/중지 위치만으로 이루어지고, 최종 비트(126)은 논리 1로 셋트되어 라인 B에 대한 부가 데이타가 따르지 않는다는 것을 표시한다. 참조 번호(132, 134 및 136)은 각각의 32 비트 워드와 관련된 다른 사용된 비트를 참조한다.

.RLE 데이타는 상술한 패킷된 포맷으로 초기에 생성되지 않는다. 대신에, 도 13a-13c와 관련하여 논의된 바와 같이, 이것은 패킷되지 않은 포맷으로 초기에 생성되고, 다음에 패킷된 포맷으로 변환된다.

요약하면, 메모리 블록은 전이를 저장하기 위해 할당된다. 포인터는 각각의 래스터 라인과 관련된 데이타가 어디서 시작하는지를 표시하는데 사용되고('현재 래스터 라인' 포인터 또는 '현재 리스트' 포인터) 포인터는 할당되지 않은 메모리가 어디서 시작하는지를 표시한다 ('유용한 다음 위치' 또는 '다음 프리 위치' 포인터). 이 메모리 블록 내의 각각의 4개의 바이트(32 비트) 워드는 첫번째 15 비트가 전이의 x-위치를 저장하는데 사용되고, 두번째 15 비트가 전이의 qv를 저장하는데 사용되도록 정의된다. 31번째 비트는 워드가 할당되고 사용되었는지를 표시하는 '사용된' 플래그를 정의하는데 사용된다. 32번째 비트는 그 워드내의 엔트리가 워드가 관련되는 주어진 스캔 라인을 위한 최종 전이 엔트리인지 여부를 표시하는 중지 플래그를 정의하는데 사용된다. 초기에 각각의 래스터 라인은 데이타를 저장하기 위한 하나 이상의 워드에 할당될 수 있다. 각각의 경계 세그먼트에 대한 전이가 메모리 블록내에 들어감에 따라, 이들은 이들이 유도되는 래스터 라인과 관련되는 리스트에 부가된다.

각각의 새로운 전이를 래스터 라인 리스트에 부가하는데 있어서, 여러가지 상황이 일어날 수 있다. 첫째, 주어진 래스터 라인과 관련된 메모리 블록내에 전이 데이타가 없으면, 전이 데이타는 그 래스터 라인에 대한 '현재 리스트 포인터'와 관련된 워드에 부가된다. 둘째, 전이 데이타가 주어진 래스터 라인에 대한 현재 리스트 포인터와 관련된 워드에 존재하면, 그 래스터 라인에 대한(즉, 그 현재 리스트 포인터에 대한) 최종 기록된 전이점을 따르는 워드(즉, 다음 워드)

가 그것이 사용되었는지를 확인하기 위해 체크된다. 사용되지 않는 경우 새로운 전이 데 이타가 거기에 들어간다. 셋째, '다음 워드'가 점유되면, 현재 리스트 포인터 전의 워드(즉, '이전 워드')는 사용되고 있는지를 확인하기 위해 체크된다. 그렇지 않으면, 현재 리스트 포인터 및 모든 기록된 (래스터 라인에 대한) 전이 데이타가 1워드 만큼 시프트되고 새로운 전이점 데이타가 시프트된 리스트의 중지에 부가된다. 넷째, '이전의 워드'가 점유되면 (그 라인에 대한 현재 리스트 포인터를 포함하는) 래스터 라인에 대한 모든 전이 데이타가 '유용한 다음 위치' 포인터에 의해 표시된 워드로 이동하면, 새로운 전이 데이타가 부가되고, 전이의 원래 워드 위치는 새로운 데이타를 부가하는데 유용한 것으로 표시되고, '유용한 다음 위치' 포인터가 막 이동된 워드 및 부가된 워드 다음의 위치로 이동한다.

상기 개략된 절차에 대한 다양한 수정이 이루어질 수 있다. 예를 들어, 서로 다른 크기의 워드가 사용될 수 있고, 비트 할당이 변경될 수 있고, 각각의 래스터 라인에 대한 초기 할당량이 변경될 수 있고, 각각의 래스터 라인에 대한 초기 할당이 피해질 수 있고 부가적인 래스터 위치로서 할당된 메모리 위치가 입력 세그먼트를 완전히 처리하도록 요구될 수 있고, 부가적인 단계가 메모리 사용을 보다 더 잘 제어하기 위해 부가될 수 있는 등등이다.

상술한 처리는 이후 도면과 관련한 설명에서 예증된다. 도 27a 및 b는 도 13에 나타난 동일한 데이타에 기초한 것이고 이러한 유사한 소자는 유사한 표시 부호로 참조되고 처리를 도시하고 있다. 메모리(93)의 큰 영역이 .RLE 전이를 홀드 하도록 할당되고, 포인터(101)은 다음의 유용한 메모리 워드(32 비트)를 표시하는데 사용된다. 이 예에서, 워드 포맷은 다음의 비트 지정을 포함한다: 첫번째 15 비트(142)는 전이의 x-위치를 저장하는데 사용된 값을 기록하고, 두번째 15 비트(144)는 전이의 qv의 값을 기록한다. 31번째 비트(146)은 워드가 할당되고 사용되었는지를 표시하는 '사용된' 플래그이다. 32번째 비트(148)은 전이가 래스터 라인에 대한 최종 기록된 전이인지 여부를 표시하는 최종 플래그 또는 '중지' 플래그이다.

도 27a는 임의의 전이 데이타가 메모리(93)에 부가되기 전의 상황을 도시한 것이다. 이후에서 분명한 바와 같이, 절차적인 이유로 인해, 도시한 바와 같이, 영역(93) 내의 제1 워드는 사용된 것으로 표시된다. '다음 프리 위치' 포인터(101)은 영역내의 제2 워드를 포인트한다. 다음에, 포인터의 어레이(58)은 모든 포인터가 초기화되고 그들의 '사용된' 비트가 제로로 셋트되는 것으로 셋업된다. 상술한 바와 같이, 각각의 포인터는 스캔 라인과 관련되고 그 스캔 라인과 관련된 제1 워드에 대한(즉, 제1 전이에 대한) 메모리 위치를 찾는데 사용된다. 이것은 고려되고 있는 현재의 스캔 라인과 관련된 전이의 리스트 내의 제1 워드를 포인트하기 때문에 이 포인터를 '현재 리스트' 포인터라고 한다. 어레이에 특정 스캔 라인에 대한 전이를 부가하기 위해, 어레이내의 포인터가 '사용된' 비트가 논리 제로로 셋트된 워드 상에 있으면, 포인터의 위치는 프리로 고려되고 전이는 메모리의 그 워드에 할당된다. 도 27b는 제1 전이가 5개의 스캔 라인에 대한 메모리내로 들어간 상황을 도시한 것이다.

'현재 리스트' 포인터(94)의 위치 내의 비제로 '사용된' 플래그를 갖는 주사에 대한 전이를 부가하는 처리가 도 28a 및 b에 도시되어 있다. 도 28a는 현재 리 스트 포인터(94)에 관련된 스캔 라인에 속하는 것으로 이미 입력된 2개의 워드(150 및 160)을 도시하고 있다. 워드(150)은 도 27b의 비트(142, 144, 146 및 148)에 관련된 동일한 정의를 갖는 비트 할당(150, 154, 156, 및 158)을 포함한다. 유사하게, 워드(160)은 비트 할당(162, 164, 166, 및 168)을 포함한다. 소자(156 및 166)은 '사용된' 플래그의 값을 준다. 소자(158 및 168)은 워드(즉, 전이)가 현재 리스트 내에 지금까지 기록된 최종 전송인지 여부를 표시한다. 알 수 있는 바와 같이, 소자(158)은 워드(150)이 최종 워드가 아니라는 것을 표시하고, 소자(168)은 워드(160)이 현재 리스트 내의 최종 사용된 워드라는 것을 표시한다. 첫째, 플래그가 도 28a에서 참조 번호(96)으로 표시되는, 현재 전이 리스트의 중지 이후에 다음 워드(170)내의 '사용된' 워드는 워드가 유용한지를 확인하기 위해 체크된다. '사용된' 플래그가 논리 1로 셋트되면 워드는 유용하지 않다. 도 28a에 도시한 바와 같이, 유용하다면, 새로운 전이 상세는 이 워드내에 배치될 수 있다. 새로운 전이의 부가에 의해 수정된 현재 리스트는 도 28b에 도시되어 있다. 도 28b에서 새로운 전이 상세(97)은 워드(170)에 부가되고, '중지' 플래그 소자(168)의 값은 '1'에서 '0'으로 변화되고, 워드(170)의 중지 플래그 소자(178)은 (170)이 이제 현재 리스트의 중지 워드임에 따라 값 '1'로 주어진다.

현재 전이 리스트 다음의 다음 워드가 유용하지 않으면, 현재 전이 리스트 의 개시 전의 바로 선행하는 워드의 유용성이 체크된다. 이 체킹은 이 바로 선행하는 워드의 '사용된' 플래그의 값을 평가함으로써 이루어진다. ('0' 값으로서 표시된 바와 같이) 유용하다면, 전체 리스트는 1워드 셔플 백(shuffle back)되고, 새 로운 전이는 지금까지 클리어된 워드 내에 배치된다. 이 처리는 도 29a-29b에 도시되는데, 도 28a-28b와 비교하여 동일 소자는 동일 식별 부호로 참조된다. 도 29a에 도시한 바와 같이, '현재 리스트' 포인터는 워드(150)과 관련되고, 참조 번호(170)으로 도면에 도시된 현재 리스트의 중지 이후의 워드(160) 및 다음 워드를 갖는 리스트 중지는 (소자(176)내의 값 '1'로 인해) 유용하지가 않고, 참조 번호(180)으로 표시된 리스트의 개시 바로 전의 워드는 (소자(186)내의 값 '0'으로 인해) 유용하다. 이들 평가의 결과가 도 29b에 도시되어 있는데, 워드(150 및 160)과 이전에 관련된 전이값은 각각 워드(180 및 150)과 관련하여 지도록 시프트된다. '현재 리스트' 포인터는 또한 워드(180)으로 시프트되고 새로운 전이 정보는 이제 유용한 워드(160)에 부가된다. 또 다른 결과로서, '중지' 플래그는 x-값(60)에서의 전이(이전의 소자(162), 새로운 소자(152))와 더 이상 관련되지 않으나 대신에 x-값(12)에서의 전이(이전의 소자(172), 새로운 소자(162))과 관련되어도 워드(160)과 관련된 채로 남는다. 바꾸어 말하면, 전체 현재 리스트는 1워드 셔플 백되고, 새로운 전이(97)은 클리어된 부분 내에 저장된다.

현재 전이 리스트 전이나 후에 방이 없으면(즉, 현재 리스트 포인터 바로 선행하는 워드 및 리스트 플래그의 진정한 중지를 포함하는 워드 바로 후행의 워드), 전체 현재 리스트는 '다음의 유용한 위치' 포인터에 의해 표시된 워드로 시작하는 공간내로 복사되고 새로운 전이는 이 복사된 리스트의 중지에 부가된다. 리스트가 저장된 원래의 메모리 워드의 '사용된' 플래그는 이제 이들 원래의 위치 바로 전과 후의 스캔 라인 리스트에 의해 사용하기 위해 유용하다. 이 처리는 도 30a-30b에 도시되어 있고, 도 28a-28b, 29a-29b에 관련하여, 동일 소자는 동일 참조 번호로 표시된다.

도 30a는 현재 리스트 포인터를 포함하는 워드(150)을 선행하는 워드(180) 뿐만 아니라 현재 리스트의 중지(160) 다음의 워드(170)은 둘다 '1'로 셋트된 '사용된'플래그(176 및 186)으로 인해 유용하지가 않다는 것을 도시하고 있다. 도 30a는 또한 '다음의 유용한 위치' 포인터가 발견되는 워드(200)을 도시하고 있다. 워드(200)은 모든 스캔 라인에 대한 이미 입력된 전이점을 따르고 있다. 결과적으로, 현재의 스캔 라인에 대한 새로운 전이가 스캔 라인과 관련된 전이를 이미 포함하는 이들 위치(150 및 160)에 연속하는 메모리 위치에 입력될 수 있다. 도 30b에 도시한 바와 같이, 전체 현재 리스트(워드(150 및 160)내에 원래 위치된 전이)는 다음 프리 위치 포인터(101)에 의해 포인트된 워드(200)으로 시작되는 영역으로 복사된다. 도 30b 내의 참조 번호(100)으로 표시된 구 메모리내의 '사용된' 플래그는 메모리가 현재 유용한지를 표시하도록 리셋된다. 현재 리스트 포인터(94)는 워드(200)을 포인트하도록 업데이트되고, 새로운 전이(97)은 워드(220)에서의 리스트의 중지에 부가된다. 참조 번호(101)로 표시된 '다음의 유용한 위치' 포인터는 다음에 최종 입력된 전이(97)(즉, 리스트의 중지)를 포함하는 워드(220) 바로 이후의 워드(230)를 포인트하도록 업데이트된다. 물론, 필요하다면, 하나 이상의 빈 워드는 '다음의 유용한 위치' 포인터에 의해 포인트된 워드와 워드(220)에서의 최종 입력된 전이(97) 사이에 남을 수 있다.

이 방법은 .RLE 데이타의 성질로 인해 특히 효율적이다. 데이타가 고체 기 하 구조 물체를 묘사하는데 사용되기 때문에, 특정 스캔 라인 상의 전이의 수는 인접하는 라인 상의 전이의 수와 보통 동일하다. 이 특성은 도 31에 도시되어 있다. 물체 단면은 간격진 래스터 또는 스캔 라인이 도시된 상부로부터 표시된다. 각각의 스캔 라인의 우측에는 스캔 라인과 관련된 전이의 수가 도시된다. 그러므로, 전이를 특정 스캔 라인에 부가하는 것을 원하면, 전이는 인접하는 스캔 라인에 부가될 가능성이 있다. 메모리의 영역이 도 30a-30b 및 동반하는 텍스트에 기술된 바와 같이, 프리로 될 때, 인접하는 리스트는 도 28a-28b, 및 29a-29b, 및 첨부 텍스트에 도시된 바와 같이 이 영역내에 저장될 수 있는 전이를 가질 것이다. 그러므로, 메모리의 큰 어레이는 랜덤 데이타로 일어나는 것보다 적은 수의 갭을 발생한다. 또한, 캐시에 저장된 데이타로부터 미스하는 것은 보다 적을 것이다.

모든 세그먼트가 처리되었을 때, 결과적인 리스트는 다음에 x-방향으로 저장된다. 올바르게 부울리안된 라인은 다음에 앞서 설명된 방식으로 추출되고, 추출된 라인은 앞서 설명된 팩된 포맷내에 저장된다.

이 실시예는 슬라이싱 평면에 대한 정점의 라운딩을 요구하지 않고 .STL 파일상에 직접 동작하므로, 적어도 몇개의 양자화 에러를 피한다. 그러나, 몇개의 수직 및 수평 양자화 에러가 슬라이싱 평면이 수직 방향으로 이산 레벨에만 위치되고 수평 전이는 픽셀 경계에 제한되기 때문에 .RLE 데이타의 발생을 통해 도입된다. 이들 발생의 예는 래스터 라인(302, 304, 306, 308, 310, 312, 및 314)에 대한 온/오프 전이점(322, 324, 326, 328, 330, 332, 및 334)를 나타내는 것과 관련된 양자화 결정을 나타내는 도 32에 도시되어 있다. 각각의 래스터 라인의 중심 라인은 다수의 픽셀을 통해 교차하는 경계 세그먼트(300)과 관련된 각각의 점선에 의해 표시된다. 도면에서, 라인의 우측까지의 영역은 물체 내에 있는 것으로 고려되고, 라인의 좌측까지의 영역은 물체 외부에 있는 것으로 고려된다. 각각의 래스터 라인에 대해 단일 전이 픽셀만이 그 라인 상의 얼마나 많은 픽셀이 경계에 의해 교차되는지에 관계없이 물체의 에지를 나타내도록 선택된다. 어떤 픽셀이 물체의 경계를 형성하는지를 결정하는 여러 방식이 있지만, 도시된 접근은 라인 세그먼트 및 래스터 라인의 중심 라인을 둘다 포함하는 픽셀로서 주어진 래스터 라인에 대한 경계 픽셀을 선택한다. 래스터 라인의 중심 라인이 2개의 픽셀 사이의 경계에 정확히 맞는 경우에, 물체(즉, 고체) 또는 비물체(즉, 중공)를 강조할지에 대한 결정이 이루어진다. 래스터 라인(302, 306, 310 및 314)에 대해 도시한 바와 같이, 중공을 강조하는 결정이 이루어진다.

많은 전이 선택 대안이 존재한다. 예를 들어, 하나는 라인이 통과하는 임의의 픽셀이 물체의 부분으로서 카운트되도록 일어나는 전이를 선택함으로써 고체를 강조하는 것을 선택할 수 있다. 반대로, 하나는 물체의 경계내에 완전히 있는 이들 픽셀만이 고체 영역의 부분으로서 포함되도록 일어나는 전이를 선택함으로써 중공을 강조하도록 선택할 수 있다. 중간 대안으로서, 하나는 이전의 2개의 대안으로부터 전이의 평균을 취할 수 있다. 전이 위치를 결정하기 위한 다른 방식은 경계 영역 픽셀에 대한 고체 또는 경계 영역의 면적 백분율등의 결정을 포함할 수 있다. 이들 기술의 몇가지의 구현은 특히 슬라이싱 기술을 포함하는 것들인 앞서 참조된 특허 및 특허 출원에 기술된 기술을 사용하여 지원될 수 있다. 마지막 예로 서, 대안은 세그먼트가 하나 이상의 서브픽셀을 교차하는지에 기초하는 결정과 픽셀을 세분하는 것을 포함한다. 그러나, 어떤 접근이 사용되든지 간에, 부분과 서포트 둘다에 관련하여 사용된 접근에서 일치가 요구된다.

데이타 보상 기술 :

보상은 인접하는 세그먼트로부터의 종점이 교차하지 않는다는 것을 염두에 두거나 두지 않는 전이의 종점을 이동시킴으로써 용이하게 수행될 수 있다. 서포트가 부분을 터치하는 것을 피하기 위해, 부분에 대한 .RLE 데이타는 팽창될 수 있고, 다음에, 현재의 총 데이타로부터 부울 감산되어 서포트 영역을 묘사하는 .RLE 데이타를 취한다. 다르게는, 현재의 총 데이타는 팽창될 수 있고, 서포트 데이타는 팽창된 현재 총 데이타와 부분 데이타 사이의 부울리안 차로서 계산된다. 또는, 서포트 데이타는 현재 총 데이타와 부분 데이타 사이의 부울리안 차로서 계산될 수 있다. 다음에, 서포트 데이타는 팽창된다. 실제 서포트 데이타는 다음에 팽창된 서포트 데이타와 원래의 부분 데이타 사이의 차로서 계산된다.

주사 방향을 따라 비말 크기를 조정하기 위한 보상은 DPI가 비말 직경 보다 높은 해상도에 있는 한 용이하게 수행될 수 있다. y-방향의 보상은 보다 어려우나, 300DPI 보다 적은 증분으로 단계적으로 함으로써 달성될 수 있다.

.RLE 데이타를 벡터 데이타로 변환할 수 있다는 것이 유용하다. 도 33에 도시한 바와 같이, 이 기술은 2개 사이에 중간 점이 없다면 벡터를 형성하기 위해서 2개의 연속하는 '온' 점들 또는 연속하는 '오프' 점들을 연결하는 것을 포함하는데, 이 경우에 연결은 불가능하다. 도 33에서, 예를 들어, 점 a와 점 a ′ 를 연결 하는 것은 가능하나, 점 a와 점 c를 연결하는 것은 불가능하다. 그 이유는 점 b가 2개 사이에 있기 때문이다.

수평 데이타 생성 :

서포트 구조를 생성하기 위한 양호한 처리가 이제부터 설명된다. 이 처리는 상술한 데이타 조작 기술로부터 제공된 데이타에서 시작된다. 상술한 바와 같이, 데이타 조작 서브시스템은 각각의 층에 대한 물체(즉, 부분) 데이타 및 '총' 데이타를 제공한다. 주어진 층에 대한 부분 데이타는 그 층에서의 부분의 XY 위치를 정의하는 인접한 래스터 라인 내의 일련의 시작 및 중지 점들이다.

주어진 층에 대한 '전체' 데이타는 이 주어진 층의 일부의 XY 위치와 이 층의 소정의 서포트 간의 부울 집합으로 정의되는 인접한 레스터 라인 상의 연속된 개시점과 중지점이다.

이 데이타들은 도 34a 내지 34c에 도시된다. 도 34a는 각각 z-x 평면에서 부유하고 있는 도시된 '피넛(peanut)'형 부분에 대한, 각 층(1 내지 10)[즉, 라미나(lamina)의 단면]의 부분 데이타 P[1] 내지 P[10]를 나타낸다. 도 34에서는, 각각의 단면도 P[1] 내지 P[10]에 대한 단일 RLE 라인 만을 도시한다. 시작 전이는 'ㅏ' 기호와 같다. 반면, 중지 전이는 'ㅓ' 기호와 동일하다. 도시되는 것처럼, 부분 데이타는 부분의 경계(즉, 한계)를 추적한다.

도 34b는 각각 부분에 대한 각 층(1 내지 10)에 대한 '전체' 데이터 [T1] 내지 [T10]를 도시한다. 이것은 또한 시작 및 중지 전이에 의해서 정의된다. 그러나, 부분 데이타와는 달리, 부분의 경계를 추적할 필요가 없다. 상술된 바와 같이 주어진 층에 대한 '전체' 데이타는 주어진 층 상부의 모든 층에 대한 부분 데이타의 부울 집합이다.

도 34c는 주어진 층에 대한 부분 및 전체 데이타의 (X-Y 평면에서의) 단면도이다. P[i]와 T[i]로 정의되는 이 데이타는, 각각 X-Y 평면에서 해시 라인 H[i]을 따라서 배열된 다수의 시작 및 중지 전이들로 구성된다. 바람직한 실시예에 있어서, 해시 라인은 x 축에 평행하게 배치된다. 그러나, 해시 라인들을 다른 방향을 향하게 할 수도 있다.

본 실시예에서, 결합된 물체와 전체 데이타는 동시에 한 층의 서포트에 대한 시작 및 중지 전이를 결정하는데 사용된다. 단일 형태의 서포트가 서포트를 필요로하는 모든 영역에서 사용된다면, 단일 서포트 스타일이 층에 대한 전체 데이타와 이 층에 대한 부분 데이타 사이의 차이에 의해서 결정된 영역 내의 각 층에 제공될 수 있도록 정의될 수 있다. 즉, U.S 특허 출원 08/534,813 호에 개시된 바와 같이, 물체의 상면과 하면에서 얼마나 근접해 있는지 또는 떨어져 있는지에 따라서 서로 다른 위치에서 서로 다른 형태의 서포트 구조를 사용할 수 있다는 장점이 있다. 따라서, 이 영역이 동일 층에서 물체 경계로부터 얼마나 떨어져 있는지에 따라서 서로 다른 서포트 스타일을 사용할 수 있는 장점이 있다. 수평 비교를 수행하는 기술은 서포트 영역을 결정하기 위해 본 발명에 적용할 수 있는 상기 참조된 U.S 특허 출원 08/428,951 호에 설명된다. 예를 들면, 이는 서로 다른 2개의 서포트 스타일, 면적이 하면 표면 아래의 일부 층이 될 때 사용하는 스타일과 그 이외에 사용하는 스타일을 이용할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 2개의 물리적 서포트 스타일은 제3 '논-서포트(non-support)' 스타일과 조합되어 사용될 수 있는데, 이 논-서포트 스타일은 부분의 경계 영역의 1이나 2 픽셀들 내에 있는 영역으로 제공될 수 있으며, 일부 표면은 물체 상부에서 일부 임계각보다 큰 수직에 법선으로 제공될 수 있다. 다중 서포트 스타일을 이용하는 많은 추가 실시예가 참조 문헌들(특히, 미국 특허 출원 08/475,730 호, 08/480,670 호, 08/428,951 및 08/428,950)에 의해서 연구된 기술들에 의해서 수행될 수 있다. 또한, 이 연구는 자칭 내부 물체 서포트들에 적용할 수 있으며, 단일 또는 다중 서포트 스타일들을 물체들의 내부 부분을 형성하는 과정에서 사용할 수 있다. 정밀 주조 패턴들을 제조할 목적으로 스테레오리소그래피에 적용되는 이러한 기술들의 예는 상술된 미국 특허 출원 08/428,950 호에 개시된다.

상이한 서포트 영역에 대한 데이타를 정의하는 방법을 더 설명하기 위해서 다음 예는 미국 특허 출원 08/534,813 호에 개시된 하이브리드 서포트의 예시에 대응된다. 이 예에 의하면, 서포트의 3개의 범주는 (1) 체커보드 패턴을 구분하는 박막 파이버칼럼, (2) 보다 많은 3×3 픽셀 칼럼 서포트, 및 3) 중간 또는 변이층을 포함할 수 있다.

층 'n'을 구성하면, 본 기술은 각각의 층 'n'의 일부가 물체의 상면 또는 하면 표면으로부터 얼마나 근접해 있는지를 결정한다. 본 실시예에서는, 층 'n'의 부분이 하면 표면의 'r' 층(예를 들면 5-10 층)과 상면 표면의 'u'층(예를 들면, 5 내지 10층) 내에 있다면, 이들 부분에 대해서 서포트의 체커보드 카테고리가 구성된다. 'n'층의 부분이 표면(예를 들면 6-10 또는 11-15층)으로부터 's'(s=r+1)과 't' 층들 사이에 존재하고 상면 표면으로부터 'u' 층(예를 들면 5-10 층) 위에 있는 경우에, 서포트의 중간 또는 브리지 카테고리가 구성될 수 있다. 그리고, 'n' 층의 부분이 상면 표면으로부터 'u'층(예를 들면 5-10층)보다 윗부분이고 하면 표면으로부터 't'층(예를 들면 10-15층)보다 위에 존재한다면, 3×3의 칼럼 서포트가 구성될 것이다.

상술된 예는 도 46a와 도 46b에 도시되는데, 이는 물체들의 상면 표면과 하면 표면들 사이에 갭을 가진 물체들의 동일한 측면을 도시한다. 도 46a는 다른 서포트 구조의 형성에 기본으로 가상 레벨과 영역들을 나타낸 측면도를 도시한다. 도 46b는 도 46a의 가상 레벨과 영역들의 레이아웃을 따라서 이 갭을 다양한 형태의 서포트 구조들로 채우는 것을 도시한 단면도이다.

특히, 도 46a는 공간들에 의해서 분리된 영역(404, 410, 408 및 406)을 포함하는 물체의 하면(402)과 물체의 상면(400)을 도시한다. 영역(404)은 상면(400)의 'u' 층 내에 배치되고 영역(406)은 하면(402)의 'r'층을 갖도록 배치된다. 영역(408)은 하면(402)으로부터 'r'과 't'층 사이에 배치되고 동시에 상면(400)으로부터 'u' 층 위와 하면(402)으로부터 't' 층 위에 배치된다. 영역(404와 406)은 체커보드형 서포트들을 갖도록 형성된다. 영역(408)은 전이형 서포트들로 형성되고(즉, 완전히 채워짐) 영역(410)은 3×3 칼럼 서포트들을 갖도록 형성된다. 층들(414, 412, 424 및 416)은 각각 영역(404, 406, 408 및 410) 내에 있도록 도시된다. 따라서 이들 층들은 이들의 전체 영역 상에서 단일 형태의 서포트 구조를 갖도록 설계된다. 한편, 층들(418, 420 및 422)은 각각 영역들(404와 410, 410과 408 및 408과 406 내에 부분적으로 위치하도록 도시된다. 따라서, 이들 층들은 층들의 각 부분의 XY 위치에 따라 서로 다른 형태의 서포트 구조를 갖도록 형성될 것이다.

도 46b는 각각 하면(402)과 상면(400)의 상부와 하부의 고체 물체 영역(432와 430)을 나타낸다. 이 영역(404와 406)은 체커 보드(1픽셀 온, 1픽셀 오프) 서포트들로 채워진다는 것을 나타낸다. 영역(410)은 3×3 칼럼 (3픽셀 온, 1픽셀 오프) 서포트들에 의해서 채워진다는 것을 나타낸다. 영역(408)은 서포트들의 고체 영역에 의해서 채워진다는 것을 나타낸다.

본 실시예는 방정식으로 표현할 수 있다. 이 식의 표현에서는, 다음의 기호들이 사용된다.
C $_n$ (D) : 서포트들의 '체커보드' 카테고리가 하면으로부터 결정될 때까지 만들어지는 층 n의 면적 요소들.
C $_n$ (U) : 서포트들의 '체커보드' 카테고리가 상면으로부터 결정될 때까지 만들어지는 층 n의 면적 요소들.
B $_n$ (D) : 서포트들의 '브리지' 카테고리가 하면으로부터 결정될 때까지 만들어지는 층 n의 면조 요소들.
S $_n$: 서포트들의 3×3 픽셀 칼럼 카테고리가 만들어지는 층 n의 면적 요소들.
P $_r$: 단면 'l'에서 부분들의 면적 요소들
P $_n$: 단면 'n'에서 부분들의 면적 요소들
T $_n$: 단면 'n'에서 전체 데이타에 대한 면적 요소들
Σ : 면저 요소들에 대한 부울 덧셈
+ : 면적 요소들에 대한 부울 합
- : 면적 요소들에 대한 부울 차
∩ : 면적 요소들에 대한 부울 교집합
r : 체커보드 서포트들을 갖도록 형성된 하면부 아래 층들의 수
u : 체커보드 서포트들을 갖도록 형성된 상변부 위의 층들의 수
s : 전이형 서포트들이 중지할 때 하면 아래의 층들의 수 (=r+1)
t : 전이형 서포트들이 시작할 때 하면 아래의 층들의 수
이러한 기호들에 대해서, 다음 방정식은 본 실시예에 따라서 층 'n'에 대한 서포트들을 결정하는 바람직한 방법을 정의한다.

수학식 1

$$C_n(D) = \sum_{1=n+1}^{n+r} P_1 - P_n$$

수학식 2

$$C_n(U) = \sum_{1=n+1}^{n+u} (P_1 - P_n) \cap T_n$$

수학식 3

$$B_n(D) = \sum_{1=n+5}^{n+t} P_1 - C_n(D) - P_n - C_n(U)$$

수학식 4

$$S_n = T_n - P_n - C_n(D) - C_n(U) - B_n(D)$$

수학식 1은 서포트들의 체커보드 카테고리가 하면으로부터 결정될 수 있는 바와 같이, 만들어지는 층 'n'의 면적이 층 'n' 상부의 'r' 층 부분 데이타의 부울 합을 수행하고 이들의 합 면적을 나타내는 데이타와 층 'n'에 대한 부분 데이타 사이의 부울 차를 계산하므로써 계산됨을 나타낸다.
수학식 2는 서포트들의 체커보드의 카테고리가 상면으로부터 결정될 수 있는 바와 같이, 만들어지는 층 'n'의 면적이 층 'n'의 하부의 'u' 층의 부분 데이타의 부울 합을 수행하고, 이 합 면적을 나타내는 데이타와 층 'n'에 대한 부분 데이타 사이의 부울 차를 계산하며, 이 데이타와 층 'n'에 대한 전체 데이타 사이의 교집합을 계산하므로써 계산됨을 나타낸다.
수학식 3은 브리지 서포트들이 하면으로부터 결정될 수 있는 바와 같이, 만들어지는 층 'n'의 면적들이, 1) 층 'n' 상부의 층 's' 내지 층 't'로부터 부분 데이타의 부울 합을 수행하고, 2) 단계 1의 합 데이타로부터, 체커보드 서포트들이 층 'n'(하면 하부와 상면 상부) 상에 구성된 면적들을 나타내는 데이타와, 부분을 층 'n' 위에 형성할 수 있는 면적들을 나타내는 데이타를 차를 구하여 계산됨을 나타낸다. 기본적으로, 이 수학식에서 브리지와 체커보드 사이에 우선 순위를 설정한다. 상면의 'u'층과 (연속된 곡면 이하의 면적과 같은) 하면의 's' 내지 't'층 내의 면적(연속된 곡면 이하의 면적과 같은)에서는, 체커보드 서포트들의 구성에 우선 순위를 부여하게 될 것이다.
마지막으로, 수학식(4)은 3×3 픽셀 칼럼 서포트들이 구성되는 층 'n'의 면적이 'n' 층에 대한 전체 데이타를 구하고, 이 데이타와, 1) 층 'n'에 대한 부분 데이타와 2) 체커보드 서포트들이 구성되는 층 'n'의 면적이나 이 면적을 나타내는 데이타, 및 3) 브리지 서포트들이 구성될 수 있는 층 'n'의 면적이나 이 면적을 표현하는 데이타간의 부울 차를 결정하므로써 결정된다.
상기 설명으로부터 명백해지는 것처럼, 서로 다른 형태의 서포트 구조들을 형성할 수 있는 다양한 영역에 대해서 수학식들을 정의할 수 있다. 도 37은 패턴이 하면(24)에 점진적으로 근접하게 되면서 상이한 구성 패턴을 필요로하는 아치형 서포트 구조를 도시한다.
지시된 바와 같이, 아치형 서포트는 빌딩 플랫폼의 표면일 수 있는 표면(23), 즉 물체의 상향면 또는 미리 형성된 서포트와 관련된 표면에서 시작된다. 이와 같이, 서포트 구조는 그 형성을 위해 많은(예컨대 10 이상) 상이한 서포트 스타

일을 필요로 하는 하이브리드 서포트이다. 물론, 아치의 상부와 서포트되고 있는 하향면 사이에 다수의 체커보드 서포트의 층을 부가할 수 있다.
이러한 데이타가 결정된 후, 다음 공정 단계는 제어 컴퓨터로의 출력을 위해 데이타를 포맷하는 것이다. 전술한 바와 같이, 제어 컴퓨터는 이 데이타와 물체 데이타를 비트 맵 안에 적재하여 프린트 헤드와 X-, Y- 및 Z-스테이지를 구동시킨다.
이러한 목적을 위해 스타일 화일들이 물체 구조 및 서포트 구조 각각의 카테고리에 대해 하나씩 사용된다. 주어진 물체 또는 서포트 타입에 대한 스타일 화일은 물체 또는 서포트의 카테고리가 형성되는 영역 전체에 반복되는 코어 패턴이다. 스타일 화일들은 주어진 영역과 관련된 빌딩 패턴을 변조하는 데 사용된다. 이러한 데이타 변조 기술은 데이타 조작 및 저장 조건을 단순화한다. 예컨대, 본 실시예에서 서포트의 체커보드 카테고리와 관련된 스타일 화일은 도 38a에 도시된 2×2 픽셀 패턴이다. 제2 예로서, 가장 바람직한 실시예에서 3×3 픽셀 칼럼 서포트와 관련된 스타일 화일은 도 38b에 도시된 4×5 픽셀 패턴이다. 물론, 많은 다른 스타일 패턴도 가능하다. 이러한 스타일 패턴은 XY 공간에서 반복 패턴을 정의하기 위해 대개 (x, y) 위치 (0, 0)에서 시작하여 하나씩 반복된다. 이러한 전체 패턴은 물체 및 서포트 영역에 대한 대응 시작 및 중지 전이 데이타와 관련되어 있다. 스타일 화일 정보와 물체 정보의 조합은 제어 컴퓨터로의 데이타 전송 전에 발생하거나 전송 후에 발생할 수 있다. 대개 물체 및 스타일 정보는 제어 컴퓨터로 전송된 후에 단일 데이타 세트로 결합된다. 현재, 부분과 관련된 바람직한 스타일 화일은 그 부분의 내부가 항상 고체 상태인 것을 나타내는 1×1 고체 픽셀 패턴이다.
현재, 가장 바람직한 패턴 복사는 X-Y 평면에 정해진다. 가장 바람직한 3×3 서포트 패턴에 관하여, 그 결과는 3×3 픽셀 칼럼의 약간이 부분 경계부에서 감소될 수 있다는 것이다. 이 결과는 도 39a에 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 3×3 픽셀 칼럼의 일부(30, 31)는 부분 경계부(32)에 대한 이들의 근접성 때문에 형성되지 않는다. 그 결과는 이러한 두 개의 서포트가 감소된 표면적을 갖게 된다 는 것이다. 칼럼들이 부분 경계부로부터 수축되지 않는 경우, 이것은 부분의 형성이 부분적으로 형성된 칼럼 각각의 다른 부분을 형성하게 되기 때문에 거의 문제가 되지 않는다. 그러나, 부분과 접촉된 빌딩 서포트는 물체 표면 마무리를 손상시켜 또 다른 문제를 야기시키는 경향이 있다.
서포트가 부분으로부터 수축되는 경우, 이 문제에 대한 해결책은 복제 패턴이 변하도록 하여 3×3 서포트가 부분 경계부를 따르도록 하는 것이다. 이러한 방법은 도 39b에 도시되어 있다. 서포트 칼럼 위치의 점진적인 변화는 미국 특허 출원 08/534,813에 설명되어 있는 오프셋 픽셀 패턴을 사용하여 달성될 수 있다.
전술한 바와 같이, 가끔 발생하는 또 하나의 문제는 3×3 서포트 칼럼이 종종 부분과 직접 접촉하도록 형성된다는 것이다. 이 문제는 도 39c에 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 서포트(35)는 부분(33)과 직접 접촉하여 형성되어 있다(가상선으로 도시된 서포트(34)는 부분 아래에 있으며 완전성의 목적으로만 도시되어 있다). 이 문제에 대한 해결책은 이 서포트들을 1 픽셀 만큼 후퇴시켜 부분으로부터 서포트를 이격시키는 것이다. 이것은 단지 서포트에 관한 시작 및 중지 전이 데이타를 조절함으로써 달성될 수 있다. 본 실시예에서, 이러한 조절은 수반되는 균형으로 인해 선택적인데, 서포트를 1 픽셀 만큼 후퇴시킴으로써 칼럼의 표면적은 감소하게 되며, 축적의 문제를 야기시킬 수도 있다.
부울 연산을 실행하는 바람직한 방법에 대한 수개의 특허권 보호 신청이 되어 있다. 전술한 바와 같이, 이러한 연산에 수반된 데이타는 일련의 시작 및 중지 전이로서 포맷된다. 이 포맷은 부울 연산이 일련의 산수 연산으로서 수행될 수 있 도록 함으로써 부울 연산을 용이하게 한다는 것이 발견되었다. 예컨대, 두 세트의 전이 데이타 사이의 부울 차 연산을 수행하는 데는 대응하는 시작 및 중지 전이를 서로 산술적으로 감산하는 것만이 필요하다. 그 결과, 연산 속도가 크게 향상된다. 그 이유는 다각형 데이타에 기초한 N개의 데이타 포인트를 포함하는 부울 연산이 기본적으로 N^2 번의 연산인 반면, 시작 및 중지 전이 데이타를 사용하는 산술 연산은 기본적으로 N에 비례하기 때문이다.
또 하나의 요점은 층 'n'에 대해 계산된 중간 부울 합 집합 데이타, 즉 층 'n' 상하의 부분 데이타 'r' 및 'u' 층들의 부울 합집합, 및 층 'n' 상부의 's' 및 't' 층들 사이의 부울 합집합은 어느 후속 처리에도 사용될 수 없다는 것이다. 그 이유는 다음 수학식에 의해 설명되는 바와 같이 부울 합집합 연산과 관련된 '메모리'의 부족 때문이다.

수학식 5

$$\sum_{n}^{l} 1 = L(\text{산술})$$

수학식 6

$$\sum_{n}^{l} = 1(\text{부울})$$

지시된 바와 같이, 산술 연산에 의하면, 합의 n 번째 항은 다음 층에 대해 연산이 수행될 때 감해질 수 있는, 최종 합에 대한 영향을 갖게 된다. 반면에 부울 연산에서는, n 번째 항이 반드시 영향을 미치는 것은 아니다. 따라서, 이 항의 영향은 다음 층에 대해 연산이 수행될 때 반드시 감해질 수 있는 것은 아니다.
수학식 1 내지 4가 정확한 결과를 산출하지만, 이들은 과다한 연산 시간을 필요로 할 수 있다. 이와 같이, 어떤 환경에서는, 근사 결과를 제공하지만 더 적은 연산을 수반하는 수학식을 사용하는 것이 바람직할 수 있다. 과다한 연산은 부분 표면의 경사가 주어진 층 수(예컨대 10층, 약 10-20 밀)에서 부호가 바뀌지 않거나, 임의의 방향 변화가 무시할 수 있는 단면 위치의 변화를 나타내는 것으로 가정함으로써 방지될 수 있다. 즉, 이 가정은 부분 표면이 빠르게 또는 급격히 변하지 않는다는 것이다. 이 점은 도 35a-35b에 도시되어 있다. 도 35a는 가정에 부합하는 부분을 나타낸다. 도시된 바와 같이, 도면에 S로 표시된 부분 표면의 경사는 주어진 층 수, 예컨대 10층에 대해 부호 또는 방향이 변경되지 않는다. 반면, 도 35b는 표면의 경사 방향이 부호를 바꾸지 않는다는 가정에 부합되지 않는 부분을 나타낸다. 그러

나, 표면의 XY 위치 변화량에 따라, 방향 변화는 무시할 만한 단면 위치의 변화를 유발할 수 있다. 도시된 바와 같이, S'로 표시된 부분 표면의 경사는 예컨대 10층에 대해 부호가 바뀐다. 주어진 층 수에 대해, 층들이 얇을수록 상기 가정이 맞을 가능성이 높아진다.
이러한 상기 가정이 만들어진 경우, 필요한 수학 연산을 줄이기 위해 아래의 수학식들이 사용될 수 있다:

수학식 7

$$C_n=(P_{n-l}-P_{n-u}-P_n)\cap T_n$$

수학식 8

$$B_n=P_{n-l}-P_{n-s}-C_n-P_n$$

수학식 9

$$S_n=T_n-P_n-C_n-B_n$$

한 영역 내 모든 단면의 면적의 부울 합에 기초하는 대신, 원시 방정식 1 내지 4는 그 영역의 최상부 및 최하부 단면들만으로부터의 단면 정보를 이용한다. 가정이 항상 참인 경우, 이 식들은 정확한 결과를 산출한다. 실제로 이들은 어느 경우에나 매우 양호한 근사치를 나타냈다.
전술한 연산을 수행하는 데는 (t+u+1)개의 층으로부터의 데이타를 동시에 입수할 수 있어야 한다(예컨대, t=10, u=5에 대해, 16층에 대한 데이타가 필요하다). 이 것은 층 'n'에 대한 서포트 데이타가 층들 'n+1' 내지 'n+t', 층들 'n-1' 내지 'n-u' 및 층 'n'에 대한 부분 및 전체 데이타에 의존하기 때문이다.
이러한 데이타를 즉시 액세스 가능한 형태로 유지하는 데는, 링 버퍼를 사용하는 것이 유리하다. 도 36에 도시된 바와 같이, 링 버퍼는 t+u+1 개의 층(예컨대 16층)에 대한 부분 및 전체 데이타가 저장되는 순환 버퍼이다. 도 36a는 층 n에 대한 연산이 수행되려 할 때에 16층(t=10, u=5)에 관한 버퍼 상태를 나타낸다. 도면에 PTR로 표시된 포인터는 현재 고려 중인 층을 지시하는 데 사용된다. 지시된 바와 같이, 층들 'n+1' 내지 'n+10', 'n' 및 'n-1' 내지 'n-5'에 대한 데이타가 버퍼에 저장된다. 도면에 LAST로 표시된 제2 포인터는 버퍼 내 최종 엔트리를 지시하는 데 사용되는데, 이 경우 이 엔트리는 층 n-5에 대한 것이다.
층 'n'에 대한 연산이 완료된 후, 층 'n+1'에 대한 연산을 수행하기 위한 준비로서 버퍼를 갱신하는 것이 필요하다. 이를 위해, PTR은 층 'n+1'을 지시하도록 먼저 갱신된다. 그 다음, LAST에 의해 지시된 데이타는 버퍼에 추가될 다음 층에 대한 데이타에 의해 대체되는데, 이 경우 다음 층은 층 n+11이다. 최종적으로, LAST는 버퍼 내 최종 엔트리가 된 데이타를 지시하도록 갱신되는데, 이 경우 데이타는 층 n-4에 대한 것이다. 이러한 3개 연산의 결과가 도 36b에 도시되어 있다. 도 36c는 층 n+2에 대한 연산이 수행되려 할 때의 버퍼의 상태를 나타낸다. 그 다음, 이 공정은 모든 층에 대한 연산이 완료될 때까지 반복된다.
3D 물체 데이타를 SDM 장치를 구동하는 데 유용한 데이타가 되도록 조작하기 위한 많은 다른 실시예가 가능하다. 예컨대, 한 다른 실시예에서는, 전술한 연산은 전이 데이타 대신 다각형 데이타에 대한 부울 연산을 이용하여 수행된다. 또 다른 실시예에서, 부분의 모든 층에 대한 데이타는 링 버퍼 대신에 메모리에 동시에 저장된다. 또 다른 실시예에서는, 프린트 헤드의 복수의 통과를 이용함으로써 얇은 섬유 모양의 서포트 및 부분의 축적비를 등화시키는 것이 가능하다.
상향면으로부터의 브리지 데이타 또는 전이 서포트 데이타, 즉 $B_n(U)$를 계산하는 것도 가능하다는 것을 알아야 한다. 이 데이타는 물체의 상향면에서 시작하는 얇은 섬유 모양의 칼럼 서포트들과 그 위에 배치된 3×3 칼럼 서포트 사이에 전이 서포트를 형성하는 데 사용될 수 있다. 더우기, $C_n(U)$ 데이타와 $C_n(D)$ 데이타는 이들의 스타일 화일이 동일한 경우 별개로 계산될 필요가 없다는 것도 알아야 한다. 물론, 2개의 스타일 화일이 다른 것으로 의도된 경우, 데이타의 양 카테고리는 유지되어야 한다.
본 발명을 이용하여, 주어진 층에 대해 전술한 바의 3개 대신에 임의의 수의 서포트 타입 또는 카테고리를 형성하는 것도 가능하다는 것을 이해해야 한다. 이것은 단지 새로운 서포트 카테고리가 형성되려는 영역을 결정하기 위해 추가적인 스타일 화일 및 방정식을 추가함으로써 달성될 수 있다.

<u>빌드 스타일 및 서포트 스타일</u>

최적 데이타 조작을 위해서는, RLE 데이타에 규칙 패턴을 형성하지 않는 것이 유리한데, 그 이유는 규칙 패턴 형성은 RLE 화일을 너무 커지게 하며 알맞은 방식의 데이타 조작을 실질적이지 못하게 만들기 때문이다. 이와 같이, 층 프린팅이 이루어질 때까지 정확한 노출 패턴(즉, 피착 패턴)에 무관하게 물체 및 서포트 단면 정보를 유지하는 것이 유리하다. 전술한 바와 같이, 적절한 때에 단면 데이타(예컨대, RLE 정보 형태)는 피착 세부 사항을 정하는 데 사용되는 정확한 패턴을 정하기 위해 적절한 빌딩 스타일 패턴과 부울 논리곱된다.
예컨대, 이것은 고속으로 체커보드 패턴을 생성하는 데 사용될 수 있다. 이에 대한 일례가 도 40a-40c에 도시되어 있는데, 여기서 동일한 요소는 동일한 식별 번호로 참조된다. 도 40a는 프린트할 원하는 화상(28)을 나타낸다. 도시된 바와 같이, 원하는 화상은 3개의 요소로 구성되어 있다. 참조 부호 29로 표시된 제1 요소는 고체 상태이다. 30으로 표시된 제2 요소는 온-오프 체커보드 패턴으로 형성되는 것이 바람직하다. 전술한 이유 때문에, 화상(30)을 일 픽셀 단위로 벌집 패턴으로 바꾸는 것은 너무 느리고 너무 많은 메모리를 요구할 수 있다. 화상(30)에 대한 추가적인 데이타

조작은 데이타를 너무 일찍 벌집 패턴화함으로써 부적절하게 복잡하고 느리게 될 수 있다. 기억 장치(즉, 하드 디스크 또는 테이프 드라이브)로의 데이타의 전송은 데이타를 너무 상세한 포맷으로 유지함으로써 부적절하게 저해될 수 있다. 따라서, 도 40b에 도시된 바와 같이, 양 패턴에 대한 데이타는 유지되거나 추가적인 조작을 위해 고체 형태(최소 전이)로 변환된 후, 분사 및 X, Y, Z 이동의 제어를 맡고 있는 디지탈 신호 처리기로 전송된다. 그 다음, 도 40c에 도시된 바와 같이, 고체 형태인 요소(30)와 관련된 데이타(31)는 고체 데이타를 분사될 변조 단면 패턴을 나타내는 원하는 변조 형태로 변환하기 위해 벌집/체커 보드 패턴(32)과 논리곱(즉, 부울 논리곱)된다. 이러한 최종 변조 형태로 된 경우, 추가적인 데이타 저장이 이루어지지 않는 대신 추가적인 조작이 있거나 없거나 분사의 시작을 제어하는 데 사용되는 것이 바람직하다. 이 예에서, 요소(29, 30)에 대한 데이타는 이제 원하는 전체 데이타 세트를 포함하는 단일 비트 맵을 생성하기 위해 함께 논리합되어야 한다. 그 다음 프린트 헤드의 시동을 위해 사용되는 것은 상기 조합된 데이타이다.

모델러에 대한 RLE 화일이 제공된 데이타는 전술한 바와 같이 사용하기 위한 빌딩/서포트 패턴 스타일 정보를 포함한다. 전술한 바와 같이, RLE 데이타와 변조 데이타의 결합은 특정 스타일 또는 빌딩 패턴을 각각 저장하는 스타일 화일을 사용하여 달성된다. 빌딩 패턴의 예가 도 41a, 41b 및 41c에 도시되어 있다. 도 41a는 미국 특허 출원 08/534,813에 설명된 서포트 카테고리를 형성하는 데 사용하기에 적합한 체커보드 빌딩 패턴을 나타낸다. 도 41b는 미국 특허 출원 08/54,813에 설명된 제2 서포트 카테고리를 형성하는 데 사용하기에 적합한 패턴을 나타낸다. 도 41c는 고체 상태가 빌딩된 것을 나타내는 패턴이다.

다수의 노출 빌딩 스타일을 포함한 많은 다른 빌딩 스타일이 가능하다. 도 41d에 도시된 예와 같이, 교대로 이격된 스캔 라인들이 연속적인 통과시 고체화된다. 이 예에서, 패턴(56)은 제1 통과 동안에 노출되며 패턴(57)은 제2 통과 동안에 노출된다. 또 하나의 예가 도 41e에 도시되어 있는데, 여기서 교대로 이격된 칼럼들은 연속적인 통과들시 고체화된다. 이 예에서, 패턴(58)은 제1 통과 동안 노출되며 패턴(59)은 제2 통과 동안 노출된다. 제3 예가 도 41f에 도시되어 있는데, 여기서는 비중첩 체커보드 패턴들이 연속 통과들시 고체화된다. 패턴(60)은 제1 통과 동안 노출되며 패턴(61)은 제2 통과 동안에 노출된다.

상이한 스타일 화일들을 상이한 물체 및 서포트 영역과 연관시키기 위해, 모델러로 전송된 래스터 라인 전이 정보의 각각의 상이한 세트들에 대한 빌딩 패턴 표시를 포함하는 RLE 포맷이 만들어진다. RLE 화일의 개념적인 포맷이 도 47에 도시되어 있다.

사용자는 이러한 화일 포맷을 통해 전이 점들의 주어진 쌍 또는 쌍들에 대한 임의의 빌딩 패턴을 가상적으로 지정할 수 있다.

데이타 스큐잉

분사의 시작을 제어하기 위해 정확한 픽셀 정보를 가진 비트 맵을 제공하는 것 외에, 데이타는 비트 맵으로부터 쉽게 추출될 수 있어야 하며 올바른 순서로 시동 메카니즘에 제공되어야 한다. 이것은 데이타를 추출 가능한 형태로 배치하여 데이타 조작 과정의 다음 단계로 이동할 수 있도록 해야 한다. 이 다음 단계는 스 큐잉이라 불리운다. 예컨대, 데이타는 인접한 제트들이 동일한 X축 위에서 인접한 래스터 라인들 상에 배치되어 있지 않거나 이들 각각의 y 래스터 라인들 상에 동시에 배치되지 않은 경우에도 제트들이 동시에 분사할 수 있도록 하는 데 필요한 정보를 입수할 수 있도록 처리될 수 있다. 이와 같이, 스큐잉은 예컨대 주사 헤드가 주사 방향에 대한 일정 각도로(도 2b에 도시된 바와 같이) 배치된 경우, 다수의 헤드가 사용되어 동시에 또는 연속적으로 시동되어야 하는 경우, 또는 단지 인접한 래스터 라인들 상에 이격되어 있지 않은 제트들로 인해 필요한 데이타 재정렬 과정을 언급한다.

도 2b에서, 예컨대 도 2a에 정렬되어 있는 제트들[10(3), 10(4)]은 주사 헤드가 주사 방향에 대해 각도를 가질 때는 도 2b에 도시된 바와 같이 거리 d 만큼 주사 방향으로 이동하게 된다. 그러나, 도 2a의 구성과 관련하여 사용되는 데이타는 제트들[10(3), 10(4)]이 동시에 분사하여 유사한 X 위치들을 맞출 것을 요구한다. 도 2b의 구성에서, 이러한 데이타를 사용함으로써 왜곡이 발생한다. 결과적으로, 이 예에서는 이러한 상대적인 변위를 정정하기 위해 데이타는 스큐잉되어야 한다.

문제는 수반되는 데이타의 양이 상대적으로 크며 실시간으로 스큐잉이 수행되어야 한다는 점이다. 예컨대, 통상적인 구조의 잉크 제트는 주어진 픽셀을 통과하는 데 단지 500 ns가 걸린다. 따라서, 데이타 소모율을 유지하기 위해서는 개별 픽셀 상에 동작하는 어느 스큐잉 공정도 픽셀당(평균) 상기 시간보다 길어질 수 없다.

통상의 디지탈 신호 처리기, 예컨대 40MHz로 동작하는 C31 처리기는 50nS 정도의 싸이클 시간을 가진다. 따라서, 임의의 픽셀 위치에 대한 시간이 500nS 정도인 경우, 10 싸이클만이 주어진 픽셀 상에 동작할 수 있다. 반면, 각 처리기 명령은 최소 1 싸이클을 요구한다. 종종, 버스 충돌, 파이프라인 충돌, 및 메모리 대기 상태에 대처하기 위해 수 싸이클이 필요하다. 따라서, 각 명령은 실제로 2-4 싸이클을 필요로 할 수 있다. 따라서, 현실적으로는 약 3개의 명령만이 각 픽셀에 사용될 수 있다.

개별 픽셀을 논리 1로 설정하는 것과 같은 통상의 동작을 수행하기 위하여 약 6개의 명령이 필요하다는 문제점이 있다. 따라서, 픽셀 단위로 동작을 수행하는 것은 불가능하다. 대신에, 한 번에 다수의 픽셀, 예컨대 32 픽셀 상에 동작하는 동작 방법이 요구된다. 몇몇 대표적인 동작은 화상 소거, 화상 이동, 화상 출력, 2개 화상의 논리곱 구하기, 또는 2개 화상의 배타적 논리합 구하기 등을 포함할 수 있다. 이러한 타입의 명령들은 대개 더 적은 명령(6 대신 2 또는 3개)을 필요로 하며 한 번에 32 픽셀 상에 동작한다. 일반적으로, 이들은 개별 픽셀에 대한 동작보다 약 100배 정도 빠르게 동작한다.

전술한 바와 같이, 제어 컴퓨터는 STL 또는 CTL 화일을 슬라이싱하고 다양한 단면에 대해 RLE 데이타를 계산하는 기능을 수행한다. 프린터 헤드에 결합된 디지탈 신호 처리기(DSP)는 상기 RLE 데이타를 취하여 압축을 풀고 제트 배열에 따라 데이타를 스큐잉한 다음, 데이타를 제트로 출력해야 한다. 전술한 바와 같이, '스큐잉'은 제트 배열 및 혹은 다른 인자들을 보상하기 위해 화상 데이타를 조작하는 공정을 나타낸다. 데이타는 일단 압축이 해제되면 충분히 빠르

게 조작될 수 없기 때문에, 압축된 형태로 있을 때(예컨대 RLE 포맷에 있을 때) 데이타를 조작할 수 있는 것이 유리하다. 또 하나의 중요한 시간 절약 장점은 2 바이트 또는 4 바이트 워드와 같은, 메모리에 저장된 데이타가 동시에 출력되는 것이 바람직한 픽셀들을 포함하고 있다는 것이다.

그 다음, 데이타를 스큐잉하는 공정은 동시에 출력될 픽셀들과 관련된 데이타를 동일한 워드 내에 유지하면서 주사 방향으로 적정량 만큼 시작 및 중지 전이를 간단히 시프팅하는 것을 수반한다. 그 다음, 데이타는 압축이 풀리고, 개별 워드들은 적절한 X 방향 위치를 만날 때 프린터 헤드로 전송된다.

이 기술은 도 42a, 42b, 42c, 42d 및 42e에 도시되어 있는데, 여기서 동일한 요소는 동일한 식별 번호로 참조된다. 도 42a는 최초 단면의 픽셀화된 화상을 나타낸다. 도 42b는 데이타를 RLE 포맷으로 나타내고 있다. 도시된 바와 같이, 도면에 25(1), 25(2), 25(3), ..., 25(10)으로 표시된, 개별 스캔 라인들에 대한 데이타는 시작 및 중지 전이를 나타내는 데이타로 압축되어 있다. 도 42c는 주사 방향에 대해 일정 각도를 이루는 프린트 헤드를 조정하기 위해 데이타를 스큐잉하는 공정을 나타낸다. 이 도면에서, 프린트 헤드는 5개의 제트를 갖고 있고 개별 제트가 연속적인 제트들로부터 일 픽셀씩 상대적으로 변위되도록 각도를 이루고 있는 것으로 가정한다. 따라서, 스캔 라인(25(2))에 대한 데이타는 스캔 라인(25(1))에 1 픽셀 변위되어 있으며, 스캔 라인(25(3))에 대한 데이타는 스캔 라인(25(2))에 대해 1 픽셀 변위되어 있다. 기타 등등. 공정은 스캔 라인(25(6))을 만날 때까지 계속된다. 이것은 6 번째 스캔 라인이고 앞의 5 라인과 동일한 통과시에 주사되지 않기 때문에, 이 라인은 다른 라인들에 대해 변위되지 않는다. 그 대신, 스캔 라인(25(7))은 스캔 라인(25(6))에 대해 1 픽셀 변위된다. 스캔 라인(25(8))은 스캔 라인(25(7))에 대해 1 픽셀 변위된다. 스캔 라인(25(9))은 스캔 라인(25(8))에 대해 1 픽셀 변위된다. 기타 등등.

이러한 공정 동안, 스큐잉된 데이타는 동시에 발생할 분사와 관련된 데이타가 단일 워드에 모이도록 밴드화된다. 그 다음, 이 데이타는 한 번에 한 밴드씩 연속적으로 압축이 풀린다. 이 공정은 도 42d에 도시되어 있다. 각 칼럼(27(1), 27(2), 27(3), ..., 27(12)) 내 픽셀에 대한 데이타는 각각 동시에 분사될 데이타를 나타낸다. 따라서, 이 데이타 칼럼 각각은 개별적으로 액세스 가능한 워드들에 저장되며, 따라서 동시에 액세스가 가능하게 된다. 또한, 밴드 인덱스(26)가 데이타를 통해 한 번에 한 칼럼씩 나아가도록 유지된다. 각 칼럼을 만날 때마다 차례로 압축이 풀린다(즉, 각 전이는 온/오프 비트, 예컨대 한 번에 32 비트씩 변환된다). 예컨대, 도 42d를 참조하면, 밴드 인덱스는 칼럼 27(8)에 위치한다. 따라서, 도시된 바와 같이, 그 칼럼에 있는 데이타는 압축이 풀린다. 칼럼 27(9) 내지 27(12) 내의 나머지 데이타는 여전히 압축된 포맷으로 존재한다. 그러나, 전술한 바와 같이, 이 데이타는 밴드 인덱스를 만날 때 압축이 풀린다.

그 다음, 데이타 프린터 헤드로 한 번에 한 칼럼씩 연속 출력된다. 이 공정은 도 42e에 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 밴드 인덱스는 재설정된 후, 칼럼 27(1)-27(12)을 통해 2 번 연속 나아가는 데 사용되었다. 도시된 바와 같이, 인덱 스는 현재, 칼럼 27(5)에 위치하고 있다. 따라서, 이 칼럼 내의 데이타는 프린터 헤드로 출력된다. 나머지 칼럼 27(6)-27(12) 내의 데이타는 차례로 출력된다.

비행 및 제트 분사 시간

위와 같이 생성된 데이타가 원하는 위치에 재료 비말을 피착시키기 전에 하나의 중요한 기능이 수행되지 않으면 안된다. 데이타가 분사를 위해 잉크 제트 헤드에 적재될 때, 시스템은 잉크 제트 헤드가 재료를 분사하기 위해 언제 적절한 위치에 도달하였는가를 결정해야 한다. 앞서 인용된 미국 특허 출원 08/534,813에 논의된 바와 같이, 적절한 분사 시각은 실제로 헤드가 적절한 피착 위치 상에 배치되기 약간 전이다. 이러한 초기 분사 보상은 비행 시간 보정이라 불리운다. 그러나, 시스템은 여전히 헤드가 초기 분사 신호를 발하기 위해 언제 적절한 위치에 있어야 하는가를 결정해야 한다. 이러한 결정 과정의 상세한 사항은 아래에 주어진다.

원하는 스캔 라인 해상도로 빌딩을 가능케 하기 위해서는 주사 방향을 따라 임의의 원하는 위치에서 제트들을 분사시키는 것이 중요하다. 이것은 엔코더가 필요한 위치에 차단 트리거들을 가질 수 없는 실제의 X 위치를 지시하기 위해 엔코더를 사용할 때 문제화될 수 있다. 사실, 엔코더는 프린트하는 데 바람직한 것보다 더 낮은 해상도를 가질 수 있다. 해상도가 높을수록 엔코더는 더 비싸며 장비 비용을 낮추는 것이 바람직하고 차단 간격의 배수인 단일 해상도 또는 해상도들로 제한되는 것이 바람직하다. 정확한 분사 위치를 결정하기 위한 다른 수단도 바람직하다. 아래 설명되는 바와 같이, 정확한 분사 위치는 계산된 평균 속도에 기초한 차단 라인들과 최종 차단이 통과된 후의 공지된 경과 시간 사이의 거리 보간을 수행하여 결정된다. 그 다음, 공지된 원하는 분사점과 실제 위치의 보간된 예측치를 사용하여 분사 위치들이 결정된다.

X 스테이지(12, 도 1 참조)는 프린터 헤드의 X 방향 위치를 결정하는 데 사용되는 엔코더와 결합되어 프린터 헤드를 위한 분사 펄스가 적절한 시간에 시작될 수 있도록 한다. 바람직한 실시예에서는 이러한 기능을 수행하기 위하여,도 43에 34번으로 표시된 유리판이 사용되는데, 그 위에는 10 마이크론씩 서로 이격된 라인들(33)이 에칭되어 있다. 또한, 이러한 라인들이 언제 통과되는가를 결정하고 프린터 헤드가 이 라인들 중 하나를 통과할 때마다 DSP를 인터럽트하기 위해 광 및 광다이오드 검출기들(도시되지 않음)이 사용된다. 또한, 프린터 헤드가 좌우 어느 쪽으로 이동하는가를 지시하기 위해 한 쌍의 검출기(도시되지 않음)가 사용된다. 진동 등에 의해 발생한 신호들이 DSP를 방해하는 것을 방지하기 위해, DSP를 진동 등에 의해 발생한 의사 인터럽트로부터 보호하기 위해 디지탈 이력 회로(도시되지 않음)가 사용된다. DSP는 이 회로로부터 10 마이크론 내에서 프린터 헤드의 위치를 결정하고 또한 이동 방향을 결정하는 것이 가능하다.

10 마이크론보다 더 높은 해상도로 프린트하기 위하여, DSP 안에는 DSP가 전술한 라인들 중 하나를 통과할 때마다 카운트를 시작하는 카운터가 제공된다. 카운터가 일정값에 도달한 때, DSP는 프린터 헤드를 시동하기 위해 분사 신호를 생성하게 된다.

또한, 도 44에 도시된 상황을 처리하기 위해 제2 카운터가 제공된다. 35번 으로 표시된 신호들 T_0, T_1, T_2, T_3 및 T_4 는 프린터 헤드의 도 43에 도시된 라인들(33)의 통과로부터 엔코더에 의해 생성된 신호들을 나타낸다. 대조

적으로, 36번으로 표시된 라인들은 원하는 분사 위치를 나타낸다. 신호들 T_0', T_1', T_2', T_3'는 각각 대응 신호들 T_0, T_1, T_2, T_3를 따른다. 따라서, 전술한 방식으로 이러한 신호들을 생성하기 위해 단일의 카운터가 사용될 수 있다. 발생되는 문제는 신호들 T_4 및 T_4'에 의해 도시되어 있다. T_4'가 실제로 그 대응 신호 T_4를 앞서기 때문에, 신호 T_3의 발생에 응답하여 이 신호를 생성하기 위해 제2 카운터가 제공되어야 한다.

분사 신호를 생성하기 위한 알고리즘이 도 45a-45b에 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 프린터 헤드가 엔코더 라인들 중 하나를 통과할 때 도 12a에 57번으로 표시된 인터럽트가 발생한다. 그 다음, 단계 38에서, 엔코더 타이머(도시되지 않음)가 판독되고 프린터 헤드 위치와 연관된다. 이 단계는 수개의 엔코더 라인에 대해 수행된다. 결과 데이타가 저장된다.

단계 39에서, 지정된 엔코더 라인들에 대한 위치 변화를 시간 변화로 나눔으로써 저장된 데이타로부터 프린터 헤드의 평균 속도가 계산된다. 단계 40에서, 다음 분사 위치와 최종 엔코더 라인 사이의 거리 ΔD가 결정된다. 단계 41에서, 이 값은, 좌우 보정 및 비행 시간 보정을 고려한 다음 분사 위치까지 최종 엔코더 라인으로부터 시간 미분 Δt(1)을 계산하는 데 사용된다.

그 다음, 단계 42에서, 이 값은 제1 분사 타이머에 적재되는데, 이 타이머는 전술한 바와 같이 상기 값이 경과된 때 분사 펄스를 발생시킨다. 단계 43(도 45b)에서, 다음 분사 위치에 대한 시간 미분 Δt(2)는 Δt(1)과 관련하여 설명된 방식으로 계산된다. 단계 44에서, 이 값은 다음 분사 위치가 다음 엔코더 라인을 지나 위치하는가를 확인하기 위하여 검사된다. 그러한 경우, 분사 펄스는 다음 엔코더 라인로부터 벗어나 시작될 수 있다. 그렇지 않은 경우, 단계 45에서, 이 값은 제2 분사 타이머에 적재된다. 단계46에서, 인터럽트로부터의 복귀가 시작된다.

엔코더 위치를 분사 명령의 발행에 연관시키기 위한 다른 실시예가 사용될 수 있다. 그 중 하나는 주사 헤드의 평균 속도의 더 정확한 표현을 도출하기 위해 복수의 엔코더 차단 위치 시간 신호를 사용한다. 이 바람직한 실시예에서, 최종 8개의 엔코더 차단 위치 시간 신호는 평균되어 4 번째 엔코더 차단 백의 위치와 연관될 수 있는 시간 신호를 산출한다. 선행하는 8개의 엔코더 차단 위치 시간 신호는 평균되어 12 번째 엔코더 차단 백과 연관될 수 있는 시간 신호를 산출한다. 이러한 두 개의 평균된 시간 신호는 프린터 헤드의 주사를 위한 평균 속도값을 도출하기 위해 사용된다. 4 번째 엔코더 백과 다음 분사 위치 사이의 거리, 평균 속도, 4 번째 엔코더 차단 백을 가로지른 후의 경과 시간의 결정으로부터 제트가 정확한 분사 위치에 도달하는 시간이 예측되고, 이 예측된 시간을 이용하여 타이머가 시동되며 그 시간이 경과한 때에 제트가 분사된다.

이것은 기본적인 분사 위치 향상 알고리즘의 논의를 완성한다. 프린트 헤드의 가속에 기초한 보상 또는 2개의 카운터를 통해 달성할 수 있는 증가에 비해 프린트 해상도를 더 증가시키기 위하여 2개 이상의 분사 카운터를 사용하는 것 등을 포함한 다양한 개량 또는 수정이 가능하다는 것을 이해해야 한다.

본 발명의 실시예 및 응용례가 도시되고 설명되었지만, 당업자에게는 본 발명의 사상을 벗어나지 않고 더 많은 수정이 가능하다는 것을 알 것이다. 따라서, 본 발명은 첨부된 청구 범위의 사상 외에는 제한되지 않는다.

보록

이하, 발명의 명칭이 '3차원 물체 및 서포트를 형성하기 위한 선택적 피착 모델링 방법 및 장치'이고, 1995년 9월 27일 출원된 미국 특허 출원 08/534,813의 부분 연속 출원의 명세서를 참조용으로 옮겨 놓는다.

<관련 기술>

본 발명은 3차원(3D) 물체를 형성하고 그 형성시 3차원 물체를 지지하기 위한 기술에 관한 것으로서, 더 상세하게는 고속 프로토타이핑 및 제조(RPamp;M) 시스템에 사용되는 기술에 관한 것이며, 가장 상세하게는 열 스테레오리소그래피(TSL) 시스템, 융합 피착 모델링(FDM) 시스템 또는 다른 선택적 피착 모델링(SDM) 시스템에 사용하기 위한 형성 및 지지 방법에 관한 것이다.

<배경기술>

자동 혹은 반자동 3차원 물체 제작 혹은 고속 프로토타이핑 및 제작에 관한 여러가지 방법이 최근에 사용 가능하게 되었는데, 각각의 방법은 형성되어 부착된 층들로부터 부가 방식으로 물체를 나타내는 3D 컴퓨터 데이타로부터 3D 물체를 형성함으로써 진행해 나간다는 점에 특징이 있다. 이 층들은 종종 물체 단면, 구조물 층, 물체 층, 물체의 층, 혹은 단순히 층(전후 관계에 비추어 적절한 형상의 고형 구조를 나타내는 것이 명확할 경우)이라고도 불리운다. 각 층은 3차원 물체의 단면을 나타낸다. 통상적으로 층들은 형성되어 이전에 형성되어 부착된 층들에 부착된다. 일부 RPamp;M기술들 중에는 엄격한 적층 형성 공정에서 변형된 기술들이 제안되어 있는데, 이 공정에서는 최초 층의 일 부분만이 형성되고 최초 층의 나머지 부분의 형성에 앞서 적어도 하나의 후속 층이 적어도 부분적으로 형성된다.

상기한 하나의 방법에 따르면, 3 차원 물체는 비고형, 유동성 재료의 층을 연속적으로 작업면에 도포한 후 소정의 패턴으로 상기 층들을 상승 자극에 노출시켜, 상기 층들을 이전에 형성된 물체 층들에 부착하는 물체 층이 되도록 선택적으로 경화시킴으로써 형성된다. 이러한 방식에서는 작업면의 물체 층의 일부가 되지 않는 영역과 물체 층의 일부가 되는 영역에 재료가 도포된다. 이러한 방식의 통례는 스테레오리소그래피(SL)인데, 이는 휼(Hull)에게 허여된 미국 특허 4,575,330호에 개시되어 있다. 스테레오리소그래피의 일례에 따르면, 상승 자극은 UV 레이저로부터의 조명이며, 재료는 광중합체이다. 이러한 방법의 다른 예는 데카르드(deckard)에게 허여된 미국 특허 제4,863,538호에 개시된 선택적 레이저 소결(SLS)인데, 여기서, 상승 자극은 CO_2 로부터의 IR 조명이며, 재료는 소결 가능한 분말이다. 이러한 제1 방법은 광 기반 스테레오리소그래피로 명명될 수 있다. 제3의 예는 사취(Sachs) 등에게 허여된 미국 특허 제5,340,656호 및 제5,204,055호에 기재된 3 차원 프린팅(3DP) 및 다이렉트 쉘 생성 주조(DSPC)인데, 여기에서는 상승 자극이 화학적 결합제(예컨대, 접착제)이며, 재료는 화학적 결합제의 선택적인 도포시에 함께 결합되는 입자들로 이루어진 분말이다.

상기한 제2의 방법에 따르면, 재료 시트들 중 원하는 형상과 크기를 가진 물체 단면을 연속적으로 절단하여 물체 층 형성함으로써 물체가 형성된다. 일반적으로 실제상, 종이 시트들이 적층되고 절단되기에 앞서 미리 절단된 시트들에

부착되 지만, 적층 및 부착에 앞서 절단하는 것도 가능하다. 이러한 방법의 통례는 훼이진(Feygin)에게 허여된 미국 특허 제4,752,352호에 개시된 적층 물체 제조(LOM)이며, 여기에서는 재료가 종이이며, 시트들을 원하는 형상 및 크기로 절단하는 수단은 CO_2 레이저이다. 킨지에(Kinzie)에게 허여된 미국 특허 제5,015,312호도 LOM 기술을 이용한 물체 형성에 관한 것이다.

상술한 제3의 방법에 따르면, 물체 층의 일부가 되는 영역에 원하는 패턴으로 작업면상에 비고형, 유동성 재료를 선택적으로 피착함으로써 물체 층이 형성된다. 선택적인 피착 후 혹은 피착 동안, 선택적으로 피착된 재료가 응고되어 이전에 형성되어 적층된 물체 층에 부착된 후속 물체 층을 형성한다. 이어서 이들 단계들이 반복되어 물체의 적층 구조를 연속적으로 형성한다. 물체 형성 기술은 일반적으로 선택 피착 모델링(SMD)라고 불릴 수 있다. 이 방법과 제1 방법 간의 주된 차이점은 물체 층의 일부가 되는 영역에만 재료가 선택적으로 피착된다는 점이다. 이러한 방법의 통상적인 예는 크럼프(Crump)에게 허여된 미국 특허 제5,121,329호 및 제5,340,433호에 개시된 용융 피착 모델링(FDM)인데, 여기에서는 재료가 재료의 유동 가능한 온도 이하의 온도에 있고, 냉각되도록 허용된 후에 경화되는 환경속에서 유동가능한 상태로 분배된다. 제2의 예는 펜(penn)에게 허여된 미국 특허 제5,260,009호에 개시된 기술이다. 제3의 예는 마스터스(Masters)에게 허여된 미국 특허 제4,665,492호 및 제5,216,616호에 개시된 비행 입자 제조(BPM)인데, 여기서는 입자들이 물체 단면을 형성하도록 특정 위치를 향해 있다. 제4의 예는 올름퀴스트(Almquist) 등에게 허여된 미국 특허 제5,141,680호에 개시된 열 스테레오리소그래피(TSL)이다.

SDM을 사용할 때에(다른 RPamp;M 형성 기술 뿐만아니라), 유용한 물체의 제작을 위한 다양한 방법 및 장치의 적합성은 다수의 요인에 의존한다. 이들 요인들은 통상적으로 동시에 최적화될 수 없으므로, 적절한 형성 기술 및 관련된 방법 및 장치의 선택은 특정한 필요성 및 환경에 따른 절충을 수반한다. 고려될 몇몇 요인들은 1) 장비 비용, 2) 작동 비용, 3) 제작 속도, 4) 물체의 정확성, 5) 물체 표면 마무리, 6) 형성된 물체의 물성, 7) 예상되는 물체의 용도, 8) 여러 물성을 얻기 위한 2차 공정의 가능성, 9) 사용 및 오퍼레이터 제한의 용이성, 10) 요구 및 소망의 작동 환경, 11) 안전성, 및 12) 사후 처리 시간 및 노력 등을 포함할 수 있다.

이와 관련하여 보다 효과적으로 3 차원 물체를 형성하는 데 가능한 수와 동수의 이들 파라미터를 동시에 최적화할 필요성이 오래 전부터 존재해 오고 있다. 제1의 예로서, 상술한 바와 같이, 제3 방법, 즉 SDM(예를 들면, 열 스테레오리소그래피)을 사용하여 물체를 형성할 때에 물체의 제작 속도를 향상시키고, 동시에 장비 비용의 유지 혹은 절감을 시킬 필요성이 있다. 제2 예로서, 사무실 환경에서 사용할 수 있는 저가 RPamp;M 시스템에 대한 오랜 요망이 있어 왔다.

다른 RPamp;M 방법은 물론 SDM에서, 일반적으로 작업면의 정확한 형성 및 배치는 외향 단면 영역이 정확하게 형성되어 배치될 수 있도록 하기 위해 요구된다. 첫 번째 두 방법은 후속 재료층들이 배치되어 적층 형성될 수 있는 작업면을 자연적으로 제공한다. 그러나, 제3 방법, SDM은 반드시 작업면을 제공하지는 않기 때 문에, 미리 분배된 재료의 방향으로의 물체의 외향면을 포함하는 영역과 같이, 미리 분배된 재료에 의해 완전히 지지되지는 않는 영역을 포함하는 후속 층을 정확히 형성하여 배치해야 하는 특히 심각한 문제를 겪는다. 이것은 후속 층들이 미리 형성된 층들 위에 배치되는 일반적인 조형 공정에서 물체의 하향면들(층들의 하향부들)에 대한 문제이다. 이것은 제3 방법이 대응 물체 층의 일부가 되는 작업면의 영역들에 이론적으로 재료를 피착하기만 한다는 것을 고려함으로써 이해될 수 있다. 따라서, 후속 단면 상에 나타나는 하향면들을 위한, 또는 하향면들을 지지하기 위한 작업면을 제공하는 어떠한 것도 사용될 수 없게 된다. 광 기반 스테레오리소그래피에 관련되지만 SDM을 포함하는 다른 RPamp;M 기술에도 적용할 수 있는 상향 및 연속 단면 영역은 물론, 하향 영역들은 휼 등과 스니드 등에게 각각 허여된 미국 특허 제5,345,391호 및 제5,321,622호에 상세히 설명되어 있다. 이전의 층은 하향 영역에는 존재하지 않으며, 따라서 원하는 지지 기능을 수행하는 데 사용될 수 없다. 유사하게, 고체화되지 않은 재료는 제3 방법에서의 정의에 의해 이러한 재료는 대개 물체 단면의 일부가 되지 않는 영역에는 피착되지 않기 때문에 지지 기능을 수행하는 데 사용될 수 없다. 이러한 상황에서 발생하는 문제는 작업면의 부재 문제로서 언급될 수 있다.

작업면 부재 문제는 3차원 모델링 방법 및 장치를 사용하여 형성된, 번호 1과 2로 표시된 2개의 층을 나타내는 도 1에 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 층(2) 상부에 배치된 층(1)은 번호 3과 4로 표시되어 해칭된 2개의 하향면을 갖고 있다. 전술한 SDM 방법을 사용하는 경우, 번호 5와 6으로 표시된, 하향면들 바로 아 래의 공간에는 고체화되지 않은 재료가 피착되지 않는다. 따라서, SDM 방법을 사용하는 경우, 2개의 하향면을 위한, 또는 이들을 지지하기 위한 작업면을 제공할 수 없다.

이러한 문제를 해결하기 위한 몇 가지 메카니즘이 제안되었지만, 지금까지 그 어느 것도 완전히 만족스러운 것으로 입증되지 않았다. 이러한 하나의 메카니즘은 미국 특허 제4,247,508호, 제4,961,154호, 제5,031,120호, 제5,263,130호, 제5,386,500호, 제5,136,515호, 제5,141,680호, 제5,260,009호, 제5,287,435호, 제5,362,427호, 제5,398,193호, 제5,286,573호, 및 제5,301,415호에 제안되거나 설명되어 있는데, 물체를 형성하는 데 사용되는 것과 다르고 아마도 물체로부터 쉽게 분리될 수 있는(예컨대, 저융점을 가짐으로써) 서포트 재료로 하향면들 아래의 공간을 채우는 것을 포함한다. 도 1과 관련하여, 예컨대 번호 5와 6으로 표시된 공간은 하향면들(3, 4)을형성하는 데 사용된 재료가 피착되기 전에 서포트 재료로 충전될 것이다.

두 재료(즉, 조형 재료 및 다른 서포트 재료) 방법이 가진 문제점은 비효율성, 열 발산 요건, 및 서포트 재료의 처리 및 전달과 관련된 비용으로 인해 비용이 크고 복잡하다는 것이다. 예컨대, 서포트 재료에 대한 독립적인 처리 및 분배 메카니즘에 제공되어야 할 필요가 있다. 또한, 단일 시스템을 통해 양 재료의 처리 및 전달을 조화시키기 위한 수단이 제공되어야 할 필요가 있다.

미국 특허 제4,999,143호, 제5,216,616호 및 제5,386,500호에 설명된 또 하나의 방법은 물체를 형성하는 데 사용된 것과 동일한 재료로부터 전반적으로 이격 된 서포트 구조를 형성하는 것이다. 이 방법에서는 많은 문제가 발생한다. 첫 번째 문제는 물체로부터 쉽게 분리되는 것을 보장하는 동시에 임의의 높이를 가진 서포트 구조를 형성할 수 없다

는 것이다. 두 번째 문제는 외향면의 형성 및 지지를 위한 효과적인 작업면을 유지하는 동시에 물체와 서포트 구조 사이의 분리를 쉽게 이룰 수 없다는 것이다. 세 번째 문제는 물체가 축적되는 것과 동일한 속도로 단면에 수직한 방향(예컨대 수직 방향)으로 서포트 구조를 축적할 수 없다는 것이다. 네 번째 문제는 서포트가 후속 층들의 일부인 하향면들을 지지하기 위하여 상부 배치되어야 할 때 상향면들에 대한 용이한 분리 및 최소의 손상을 보장할 수 없다는 것이다. 다섯 번째 과제는 시스템의 처리량을 증가시켜야 한다는 것이다.

설명을 위해, 용이한 분리를 달성하는 목적은 각 서포트가 물체와 접촉하는 표면 영역이 가능한 한 작게 유지되어야 함을 지시한다. 반면, 물체 축적의 속도에 근사한 속도로 서포트를 Z 방향으로 축적하는 목적은 각 서포트의 단면적이 가능한 한 크게 되어 원주에 큰 면적을 제공함으로써, 큰 목표 면적이 피착 공정의 부정확성을 보상하고 수직으로 형성되는 대신 수평으로 재료가 확산되는 능력을 제한하도록 함으로써, 유동, 확산, 오배치 등으로 인해 Z 방향으로 형성하기 위한 재료의 손실을 최소화해야 한다는 것을 지시한다.

또한, 하향면에 대한 최소의 손상을 달성하는 목적은 서포트와 물체 사이의 접촉 면적을 최소화하기 위하여 서포트들 간의 간격이 가능한 한 크게 유지되어야 한다는 것을 지시한다. 반면, 하향면의 형성을 위한 효과적인 작업면을 제공하는 목적은 간격이 가능한 한 작게 유지되어야 한다는 것을 지시한다. 명백하게도, 이 러한 목적들을 동시에 달성하는 데에는 어려움이 있다.

이러한 문제는 도 2에 도시되어 있는데, 도 2에서는 도 1에서와 동일한 요소는 동일한 번호로 참조된다. 도시된 바와 같이, 햐향면(3)은 원주형 서포트들(7a, 7b, 7c)을 통해 지지되며, 하향면(4)은 원주형 서포트들(8a, 8b, 8c, 8d)을 통해 지지된다. 원주형 서포트들(7a, 7b, 7c)은 하향면(3)에 대한 손상을 최소화하기 위하여 서로 크게 이격되어 있다. 더우기, 이들은 분리성을 향상시키기 위하여 상대적으로 작은 표면적에 대해 하향면과 접촉하도록 각각 구성되어 있다. 반면, 이들은 작은 단면적으로 인해 물체의 성장 속도를 따르는 데 충분한 속도로 수직 방향으로 축적될 수 없을 수 있다. 더우기, 이들은 넓은 간격으로 인해 하향면(3)의 형성 및 지지를 위한 효과적인 작업면을 제공할 수 없을 수 있다.

대조적으로, 원주형 서포트들(8a, 8b, 8c, 8d)은 하향면(4)의 형성 및 지지를 위한 더 효과적인 작업면을 제공하기 위하여 더 가깝게 서로 이격되어 있다. 또한, 이들 각각은 물체의 속도에 근사한 속도로 성장할 수 있도록 더 큰 표면적을 갖도록 구성되어 있다. 불행하게도, 이 서포트들은 더 좁은 간격과 더 큰 단면적을 갖기 때문에 이들이 제거될 때 하향면에 더 큰 손상을 입히게 된다.

이 장에서 참조된 모든 특허는 참조로서 반영된다.

3. 관련 특허 및 출원

다음의 출원은 여기에 상세히 제시되어 있는 바와 같이 참조로 고려된다.

출원일	출원 번호	발명의 명칭	상태
9/27/95	8/534,813	3차원 물체 및 서포트를 형성하기 위한 선택적 피착 모델링 방법 및 장치	계류중
9/27/95	8/534,447	선택적 피착 모델링 시스템에서의 데이타 조작 및 시스템 제어 방법 및 장치	계류중
9/27/95	8/535,772	선택적 피착 모델링 물질 및 방법	계류중
9/27/95	8/534,477	선택적 피착 모델링 방법 및 시스템	계류중

본 출원의 양수인인 3D시스템 인크.는 본원에 참조된 아래의 관련 출원과 함께 본 출원을 출원하고 있다.

정리 번호	출원일	출원 번호	발명의 명칭	상태
USA.143	본원과 동일	미할당	선택적 피착 모델링 시스템에서의 데이타 조작 및 시스템 제어 방법 및 장치	계류중

열 스테레오리소그래피 및 몇몇 용융 피착 기술에 따르면, 3 차원 물체가 유동 가능할 때까지 가열되어 디스펜서로 분배된 재료로부터 적층 형성된다. 이 재료는 디스펜서로부터 재료의 반 연속 흐름으로서 분산되거나 혹은 이와는 다르게 개개의 비말로서 분산될 수 있다. 재료가 반 연속 흐름으로서 분산되는 경우에 작업면의 기준이 덜 엄격하게 받아들여 질 수 있는 것으로 상상할 수 있다. 열 스테레오리소그래피의 초기의 실시예는 미국 특허 제5,141,680호에 기재되어 있다. 열 스테레오리소그래피는 특히 무반응성, 무해 재료를 사용할 수 있음으로 인하여 사무실 환경에서의 사용에 적합하다. 또한, 이들 재료를 사용하는 물체를 형성하는 공정은 조명의 사용(예를 들면, UV 방사, IR 방사, 가시광 및/또는 다른 형태의 레이저 방사), 재료를 연소 온도(예를 들면, 몇몇의 LOM기술에서와 같이 단면 경계를 따라서 재료를 연소하는)로 가열, 반응성 화학 재료(예를 들면, 단량체, 광중합체) 혹은 유해 화학 재료(예를 들면, 용매), 복잡한 절삭 기계류 등을 포함할 필요가 없다. 그러나, 잘못 처리되면, 소음이나 상당한 위험을 초래할 수 있다. 그 대신 에 물체의 형성은 유동 가능한 온도로 재료를 가열하고 선택적으로 이 재료를 분산시켜 냉각되도록 함으로써 달성

된다.
상술한 미국 특허원 제08/534,447호는 SDM/TSL원리에 기초한 바람직한 선택적 피착 모델링(SDM)시스템에 사용하기 위해서 3D 물체 데이타를 서포트 및 물체 데이타로 변환하는데 사용되는 데이타 변환 기술에 관한 것이다. 또한, 이 출원은 후술하는 바람직한 SDM/TSL 시스템을 제어하기 위한 각종의 데이타 처리, 데이타 제어, 및 시스템 제어 기술에 관련되어 있다. 일부의 다른 데이타 조작 기술 및 제어 기술이 다른 RPamp;M 시스템에 사용을 위해서 뿐만아니라 SDM 시스템에서의 사용을 위해서 기재되어 있다.
전술한 미국 특허원 제08/535,772호는 본 명세서에 개시된 바람직한 SDM/TSL에 사용되는 바람직한 재료에 관한 것이다. 몇몇의 다른 재료 및 방법도 기재되어 있다.
상술한 미국 특허원 제08/534,477호는 바람직한 SDM/TSL 시스템의 몇몇의 세부사항에 관계되어 있다. 몇몇의 다른 구성도 관계되어 있다.
본 발명의 양수인인 3디 시스템즈, 인크.는 RPamp;M 분야의 다수의 다른 미국 특허원 및 미국 특허의 소유권자이며, 특히 해당 분야의 광 기반 스테레오리소그래피 부분의 소유권자이다. 이들 특허는 본 출원의 기술과 결합되어 향상된 SDM 물체의 정보 기술을 제공할 수 있는 기술 등의 제반 사항을 포함하고 있다. 다음의 동 소유의 미국 특허원 및 미국 특허는 상세히 제시되어 있는 바와 같이 참조로서 고려된다.

출원 번호	주 제	상태 및/또는 특허 번호
8/484,582	스테레오리소그래피의 기본 소자 교시	계류중
8/475,715	복수의 오리피스로부터 선택적인 데포지션이 가능한 물질 디스펜서를 포함하여 SL에 사용을 위한 각종의 중첩 도포기술 개시	계류중
8/479,875	각종의 LOM형 형성 기술 개시	계류중
8/486,098	변형을 감소시키기 위한 각종의 기술과 함께 컬(curl)변형의 기술이 제공되어 있임	계류중
8/475,730	하향, 상향 및 연속 영역을 규정하기 위해서 부울 층 비교를 이용하는, 단면 데이타를 얻기위한 3D 데이타 슬라이싱 기술의 설명이 개시되어 있다. 경화 폭 보상을 행하고 초기 CAD 설계와 관련된 각종의 물체의 구성을 생성하기 위한 기술이 개시되어 있음	계류중
8/480,670	벡터 생성 및 경화 폭 보상을 포함하여 초기 SL 슬라이싱 기술에 관한 설명이 개시되어 있음	계류중
8/428,950	반 고체 및 고체 물체를 형성하기 위한 다른 시퀀싱, 벡터 인터레이싱 및 벡터 오프세팅을 포함하는 각종의 형성 스타일을 포함하여 SL에 사용하기 위한 각종의 형성 기술이 개시되어 있음	계류중
8/428,951	수직 비교, Z 방향에서의과 경화로 인한 보정 에러, 및 수평 비교 및 수평 부식 루틴을 행하기 위한 기술을 행하기 위한 기술을 포함하여 SL에 대한 동시적 다수의 층 경화 기술이 기재되어 있음	계류중
8/405,812	진동 에너지를 사용한 SL 중첩 도포 기술이 개시되어 있음	계류중
8/402,553	닥터 블레이드 및 액체 레벨 제어 기술을 이용한 SL 재코팅 기술 개시	계류중
8/382,268	고체화되지 않은 재료의 다음 층을 형성하도록 선택적으로 재료를 분배하기 위해 잉크 제트의 사용을 수반하는 기술들을 포함하는 수개의 SL 재코팅 기술 개시	계류중
8/148,544	열 스테레오리소그래피의 기본 요소 개시	5,501,824
7/182,801	SL을 위한 서포트 구조 개시	4,999,143
7/183,015		5,015,424

	SL 물체 내 스트레스를 감소시키기 위해 물체에 구멍을 배치하는 기술 개시	
7/365,444	통합된 SL 형성, 세정 및 사후 경화 기술 개시	5,143,663
7/824,819	대형 SL 장치의 다양한 특징 개시	5,182,715
출원 번호	주 제	상태 및/또는 특허 번호
7/605,979	더 두꺼운 구조층들과 조합된 얇은 충전 층의사용 및 메니스커스 평탄화를 포함하는 SL 물체의 표면 마무리를 향상시키기 위한 기술 개시	5,209,878
7/929,463	표면 마무리를 향상시키기 위한 분말 코팅 기술 개시	5,234,636
7/939,549	SL에서의 컬 왜곡을 감소시키기 위한 기술 개시(스트레스 및 수축 영역의 균형을 이용)	5,238,639

<발명의 요약>

본 발명은 선택적으로 피착 모델링 기술을 사용하여 형성된 형성 및 지지 물 체와 관련한 다수의 문제에 대하여 단독 혹은 결합해서 사용될수 있는 다수의 기술(방법 및 장치)의 구체적인 실시예이다.

이하 설명된 기술이 주로 SDM 기술에 관한 것이기는 하지만 상술한 바와같이 물체의 정확성 표면 마무리, 형성 시간 및/또는 사후 처리 노력 및 시간을 향상 시키는 다른 RPamp;M 기술에 다양한 방식(본 기술 분야에 숙련된 자에게 자명한 바와 같이)으로 적용될 수 있다. 또한, 본 명세서에 개시된 기술은 하나 혹은 그 이상이 선택적으로 분산되고 나머지들은 비 선택적으로 분산 될 수 있으며 향상된 온도는 모든 혹은 일부의 물질들이 그들의 피착에 도움이 되도록 사용되거나 혹은 사용되지 않는 하나 혹은 그 이상의 형성 및/또는 지지 물질을 사용하는 선택적 피착 모델링 시스템에 적용될 수 있다.

본 발명의 기술은 용매(예를 들면, 물, 알콜, 아세톤, 페인트 희석제(painter thinner), 혹은 특정한 형성에 적합한 다른 용매를 첨가함으로써 목적을 달성하도록 형성 물질(예를 들면, 페이트 혹은 잉크)을 유동 가능하게 하고, 용매의 제거에 의해서(예를 들면, 분산된 물질에 열을 가하거나, 이물질을 부분적으로 배수된(즉, 진공된) 형성 챔버속으로 분산 시킴에 의해서, 혹은 단순히 용매가 증발할 수 있는 시간적 여유를 줌으로써) 분산후 혹은 분산동안 물질인 응고될수 있는 SDM 시스템에 적용될 수 있다. 이와 달리, 혹은 부수적으로 형성 물질(예를 들면, 페인트)은 물질에서의 전단력의 증가가 그의 분산에 도움이 되게 사용될 수 있고 혹은 신축성(thixotropic property)이 분산된 후에 그의 형태를 유지하는데 물질에 도움이 되도록 사용될 수 있는 신축성이 있을 수 있다. 이와달리, 및/또는 부수적으로 물질은 반응성(예를 들면, 왁스 또는 열 가소성 물질과 결합되어 상술한 물질들 중 하나와 같은 코토 폴리머, 시멀 폴리머, 1 혹은 고부의 에폭시 물질, 결합물질)이 있을 수 있으며, 혹은 다른 물질(예를 들면, 회반죽)과 결합될 때 적어도 응고될수 있는데, 물질들은 분산후에 물질의 형성 물질 및/또는 결합물질이 응고 되도록 규정된 자극의 적절한 인가(예를 들면, 가열, EM방사[가시광, IR, UV, X-선등], 반응성 화화물질, 그부의 에폭시의 제2부, 제2 혹은 다수부의 결합물)에 의해서 반응한다. 물론 시멀 스테레오리소그래피 물질 및 분산 기술은 상술한 물질 및 기술과 결합하여 혹은 단독으로 사용될 수 있다. 또한, 다양한 분산 기술이 열 용융 잉크 제트, 버블 제트등 및 연속 혹은 반연속 유동, 단인 혹은 다수의 오리피스 토출 노즐 혹은 헤드를 포함하나, 이에 제한되지 않은 하나 혹은 다수의 잉크 제트 장치에 의해서 분산되는 것과 같은 것에 사용될 수 있다.

따라서 본 발명의 제1 목적은 물체를 높은 정확성으로 제작하기 위한 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 제2 목적은 물체 형성 동안 열 환경을 제어함으로써 덜 외곡된 물체를 제작하기 위한 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 제3 목적은 물질이 분산되는 방법을 제어함으로써 덜 외고된 물체를 제작하기 위한 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 제4 목적은 물체의 제작 속도를 향상시키기 위한 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 제5 목적은 임의의 높이를 가진 물체 서포트를 형성할 수 있는 지 지 구조체 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 제6 목적은 양호한 작업면을 제공하는 지지 구조체 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 제7 목적은 물체의 하향면에서 쉽게 제거되는 지지 구조체를 형성하는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 제8 목적은 제거시에 물체의 하향면에 최소의 손상을 미치는 지지 구조체 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 제9 목적은 서포트를 물체에서 제거하기 위한 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 제10 목적은 물체의 수직 형성 속도에 상응하는 속도로 서포트를 수직으로 형성하는 서포트 구조 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 제11 목적은 물체의 상향면에서 용이하게 제거되는 지지 구조체를 형성하는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 제12 목적은 제거시에 물체의 상향면에 최소의 손상을 미치는 서포트 구조 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 제13 목적은 수직 물체면에서 분리되는 서포트를 제작하기 위한 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 제14 목적은 물체 형성의 향상을 위한 다른 RPamp;M 기술과 결합될 수 있는 지지 구조체를 제공하는 것이다.
상술한 목적들은 본 발명의 서로 다른 양태에 의해서 각각 달성될 수 있고 본 발명의 부수적인 목적들을 결합된 장점들이 결합된 기술로 부터 얻어질수 있도록 상술한 독립된 목적들의 다양한 결합을 포함하도록 의도 되었다.
본 발명의 다른 목적들은 본 명세서의 설명으로부터 자명하게 될 것이다.

<도면의 간단한 설명>

도 1X는 물체의 하향면을 나타내는 도면.
도 2X는 도 1X의 하향면을 지지하기 위한 서포트 구조의 두 카테고리를 나타내는 도면.
도 3X는 바람직한 선택 피착 모델링/열 스테레오리소그래피 시스템의 주 기능 요소들의 다이어그램.
도 4X는 주사 방향과 다른 방향에 있는 도 3X의 프린트 헤드의 오리피스 판을 나타내는 도면.
도 5X는 도 3X의 평탄화기의 상세도.
도 6X는 오리피스 판 상의 인접 노즐들과 인접 주사선들 간의 상대 간격을 나타내는 도면.
도 7X는시스템의 데이타 해상도를 정의하는 픽셀 그리드를 나타내는 도면.
도 8X은 2개의 수직한 주사선 방향의 예를 나타내는 도면.
도 9X는 제2 주사 방향의 피착 전파의 두 예를 나타내는 도면.
도 10Xa 및 10Xb는 주 주사 방향의 피착 전파의 두 예를 나타내는 도면.
도 11Xa 및 11Xb는 주사 라인 인터레이싱의 일례를 나타내는 도면.
도 12Xa 및 12Xb는 수 개의 주사 라인을 따른 피착 위치 인터레이싱의 일례 를 나타내는 도면.
도 13Xa 및 13Xb는 수 개의 주사 라인을 따른 피착 위치 인터레이싱의 다른 예를 나타내는 도면.
도 14X는 단일 픽셀 체커보드 피착 패턴을 나타내는 도면.
도 15X는 바람직한 서포트 구조를 형성하는 3×3 칼럼 서포트 픽셀 패턴을 나타내는 도면.
도 16Xa-16Xd는 수 개의 오버프린팅 기법을 나타내는 도면.
도 17Xa 및 17Xb는 오버프린팅 기술을 사용할 때 발생할 수 있는 위치 오류 지정 문제를 나타내는 도면.
도 18X은 도 15X의 픽셀들이 오버프린팅 기법을 사용하여 노출될 때 결과된 피착 영역들을 나타내는 도면.
도 19X는 칼럼 서포트를 위한 다른 픽셀 패턴을 나타내는 도면.
도 20X은 하이브리드 서포트 구조를 나타내는 도면.
도 21Xa 및 21Xb는 아치형 서포트를 나타내는 도면.
도 22Xa-22Xd는 물체의 형성시 피착 재료에 대한 인터레이싱 실시예를 나타내는 도면.
도 23Xa-23Xh는 수평 및 수직 픽셀 오프셋을 사용하는 조형 실시예를 나타내는 도면.
도 24Xa-24Xd는 갭에 의해 분리된 영역들 사이의 브리징의 위험을 감소시키는 피착 실시예를 나타내는 도면.
도 25Xa-25Xe는 물체가 조각으로 분할되고 독립적으로 형성된 후 함께 부착되는 조형 기술을 나타내는 도면.
도 26X은 바람직한 2 단계 래스터 주사 및 인덱싱 패턴을 나타내는 도면.
도 27Xa-27Xe는 작업면과 목표 위치의 다양한 조합을 나타내는 도면.
도 28Xa는 브랜칭 서포트의 실시예의 측면도.
도28Xb는 브랜칭 서포트의 다른 실시예의 측면도.
도 29Xa-29Xe는 브랜칭 서포트의 실시예의 브랜칭 층들의 평면도.
도 30Xa-30Xm은 브랜칭 서포트의 다른 실시예의 브랜칭 층들의 평면도.
도 31Xa-31Xc는 브랜칭 서포트의 또 다른 실시예의 브랜칭 층들의 평면도.
도 32Xa-32Xd는 브랜칭 서포트의 또 다른 실시예의 브랜칭 층들의 평면도.

<발명의 상세한 설명>

전술한 바와 같이, 본 출원은 선택 피착 모델링(SDM) 시스템에 사용하기 적합한 서포트 기술 및 조형 기술에 관련된다. 특히, 바람직한 SDM 시스템은 열 스테레오리소그래피(TSL) 시스템이다. 바람직한 실시예의 설명은 바람직한 TSL 시스템의 설명으로부터 시작된다. 바람직한 시스템, 데이타 조작 기술, 시스템 제어 기술, 재료 형성 및 성질, 및 다양한 대체예에 대해서는 앞서 참조 반영된 미국 특허 출원 08/534,813; 08/534477; 08/535,772; 08/534,477; 및 본원과 동시에 출원된 3D 문서 번호 USA.143에 더 상세히 설명되어 있다. 또한, 앞서 반영된 다수의 출원 및 특허, 특히 SDM, TSL 또는 융합 피착 모델링(FDM)에 직접 관계되거나 사용될 수 있는 것으로 참조된 것들에 대체 시스템들이 설명되어 있다. 이와 같이, 이 후 설명되는 서포트 구조 및 빌디 스타일은 다양한 SDM, TSL 및 FDM 시스템에 사용 가능하며, 여기에 설명되는 시스템 예에 한정되지 않는 것으로 해석되어야 한다. 또한, 전술한 바와 같이, 이러한 서포트 구조 및 조형 스타일은 다른 RPamp;M 기술에 사용된다.
SDM/TSL을 수행하기 위한 장치의 바람직한 실시예가 도 3X에 도시되어 있다. 이 장치는 분배 플랫폼(18), 분배 플랫폼(18) 상에 배치된 분배 헤드(9)(예컨대 다중 오리피스 잉크 제트 헤드), 평탄화기(11) 및 파트 조형 플랫폼(15)으로 구성된다. 분배 플랫폼(18)은 평탄화기(11)와 분배 헤드(9)를 지지할 수 있는 수평 부재이다. 분배 플랫폼(18)은 결합 부재(13)를 통해 X 스테이지(12)에 미끄럼 가능하게 결합된다. X 스테이지(12)는 바람직하게도 제어 컴퓨터 또는 마이크로프로세서(도시되지 않음)에 의해 제어되며, 분배 플랫폼(18)을 X 방향 또는 주 주사 방향으로 앞뒤로 제어 가능하게 이동시킨다.
또한, 플랫폼(18)의 어느 한 쪽에는, 원하는 조형 온도가 유지되도록 분배 재료(14) 및 파트 조형 플랫폼(15)을 냉각시키는 것을 돕기 위해 공기를 수직 하향으로 불어 주기 위한 팬(도시되지 않음)이 장착된다. 팬 및/또는 다른 냉각 시스템을 위한 다른 적절한 장착 방법은 증발 가능한 액체(예컨대, 물, 알코올 또는 용매)를 물체의 표면 상으로 향하도록 하기 위한 분무 장치, 평탄화기(11)와 분배 헤드(9) 사이에 장착된 팬들을 구비한 강제 공냉 장치, 및 분배 플랫폼

에 이격 장착된 중지 또는 이동 팬들을 구비한 강제 공냉 장치를 포함하지만 이에 한정되지 않는다. 냉각 시스템은 미리 분배된 재료를 원하는 조형 온도 범위 안에 유지하기 위해 온도 감지 장치와 조합되어 컴퓨터로 제어될 수 있는 열을 제거하기 위한 능동 또는 수동 기술을 포함할 수 있다. 다른 냉각 방법은 조형 공정시 열이 물체로부터 더욱 쉽게 방출되도록 하기 위해 특히 IR 주파수에서 흑체 방사기로서 작용하는 재료를 재료에 혼합하는 방법을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 또 다른 대체 방법은 재료에 수 개 층마다 도전체를 추가하는 방법, 재료에 용매를 추가하는 방법, 냉각 통로 또는 냉각용 삽입 기판(인터레이싱된 와이어)을 구비한 부분을 형성하는 방법, 또는 유리 판 또는 마일라 시트 상에 형성하는 방법을 포함하지만 이에 제한되지 않는다.

재료를 냉각하거나 적어도 분배된 재료를 적절한 온도로 유지하기 위한 다른 실시예는 전술한 바와 같이 부분적으로 형성된 물체의 상면에 온도 조절 가스(예컨대 공기 등과 같은 냉각 가스)를 가하는 방법의 사용을 수반할 수 있지만, 표면으로부터 냉각 공기를 제거하기 위한 제어 기술을 추가적으로 포함할 수 있다. 이러한 기술은 분출 및 흡입 장치의 사용, 및 분출 덕트(가스 유입 덕트) 및 흡입 덕트(가스 제거 덕트)의 교대 배치를 수반할 수 있다. 이러한 덕트는 과다한 가스 열이 유효 냉각 속도를 저하시키기 전에 냉각 가스를 제거할 수 있다. 표면으로 향하는 가스는 냉각 상태, 상온, 또는 몇몇 다른 적절한 온도로 도입될 수 있다. 이러한 교대식의 유입 및 제거 덕트는 적절히 구성된 경우 서포트와 같은 취약한 구조의 교란 또는 왜곡으로 인해 현재 허용 가능한 것보다 빠른 주사 속도를 허용할 수 있다. 이러한 덕트는 프린트 헤드 이동의 반대 방향으로 공기 흐름을 제공하여 부분적으로 형성된 물체와 접촉하는 공기의 순수 속도를 감소시키도록 구성될 수 있다. 개별 덕트와 관련된 분출 또는 흡입은 프린트 헤드의 이동 방향에 따라 역전, 턴온 또는 턴오프될 수 있다.

프린트 헤드(9)는 예컨대 열 플라스틱 또는 왁스 유사 재료와 같은 고온 용융 잉크를 분사하도록 구성되고 3차원 모델링 시스템에 사용하기 위해 개조된 상업용 프린트 헤드인데, 이 프린트 헤드는 전후 이동 및 가속 운동을 한다. 프린트 헤드의 개조는 가속이 저장소 내 재료의 최소 오변위를 유발하도록 임의의 온 보드 저장소를 구성하는 것을 포함한다. 하나의 바람직한 실시예는 휴 햄프셔, 내슈아에 있는 스펙트라 코퍼레이션에 의해 판매되는, 저장소 개조를 포함한 96개 제트 상용 프린트 헤드, 모델 HDS 96i를 포함한다. 프린트 헤드는 전술한 미국 특허 출원 08/534,477에 설명된 재료 패키징 및 핸들링 서브 시스템(도시되지 않음)으로부터 유동 가능 상태로 공급된 재료이다. 바람직한 실시예에서, 헤드 상의 모든 96 제트는 각각의 오리피스(즉, 제트)가 원하는 위치에 비말을 분배하도록 적절히 배치된 때 오리피스 판(10)을 통해 비말을 선택적으로 분사하도록 컴퓨터에 의해 제어된다. 실제로, 초당 약 12,000 내지 16,000개의 명령이 각 제트로 전송되어 각각에 대해 제트 위치 및 원하는 재료 피착 위치에 따라 분사하거나(비말 분배) 분사하지 않도록(비말 비분배) 선택적으로 명령한다. 또한, 실제로, 분사 명령들은 모든 제트에 동시에 전송된다. 전술한 바람직한 프린트 헤드는 거의 100개의 제트를 갖고 있기 때문에, 전술한 분사 속도는 매초마다 헤드에 약 1.2 내지 1.6 백만개의 분사 명령을 전송할 필요가 있게 한다. 따라서, 헤드는 제트들을 선택적으로 분사시키고 오리피스 판(10) 내 하나 이상의 오리피스를 통해 용융된 재료의 비말 을 동시에 방출하도록 컴퓨터에 의해 제어된다. 물론, 다른 바람직한 실시예에서는, 다른 수의 제트를 가진 헤드가 사용될 수 있고, 다른 분사 주파수가 가능하며, 적당한 환경에서는 제트의 비동시 분사가 가능하다는 것을 이해할 것이다.

3차원 물체를 가장 효과적으로 형성하기 위해서는, 모든 제트가 정확하게 분사하는 것이 바람직하다. 모든 제트가 정확하게 분사하는 것을 보장하거나 적어도 정확하게 분사하는 제트의 수를 최대화하기 위하여 다양한 기술이 사용될 수 있다. 이 중 하나의 예는 각 층의 형성 후 제트들을 검사하는 것을 포함한다. 이러한 기술은 1) 하나의 층을 형성하는 단계; 2) 한 장의 종이 위에 모든 제트를 분사시켜 테스트 라인 패턴을 프린트함으로서 제트들을 검사하는 단계; 3) 하나의 제트가 오분사되는가를 광학적으로 검출하는 단계(바 코드 주사 등을 통해); 4) 그 제트를 수리하는 단계; 5) 방금 분배된 층 전체를 제거하는 단계(예컨대 이후 설명될 바람직한 평탄화기를 사용한 매칭에 의해); 및 6) 수리된 제트를 포함하는 모든 제트로 층을 재형성하는 단계를 포함한다.

제2 실시예는 1) 하나의 층을 형성하는 단계; 2) 오분사 제트를 광학적으로 검출하는 단계; 3) 오분사 제트에 의해 형성되었어야 했던 상기 층 상에 라인들을 다시 주사하는 단계; 4) 나머지 조형 공정에서 오분사 제트의 사용을 중지하는 단계; 및 5) 오분사 제트를 보정하면서 후속 층들을 주사하는 단계(즉, 오분사 제트에 대응하는 라인들을 보상하기 위하여 정상 제트로 추가적인 통과를 수행하는 단계)를 포함한다. 선택적으로, 오분사 제트는 다시 정상화되었는가를 확인하기 위해 주기적으로 검사될 수 있다. 그러한 경우, 그 제트는 동작에 복귀된다. 또 하 나의 선택은 오분사 제트가 동작할 수 있는가를 확인하기 위해 이를 재동작 루틴에 넣은 것을 포함한다. 이것은 조형 공정 또는 시스템의 정비시에 수행될 수 있다. 또 다른 예로서, 분사가 일어날 때 압전 소자의 전기적 특성을 추적함으로써 제트가 정확하게 분사하는가를 결정하는 것도 가능할 수 있다.

제3 실시예는 프린트 헤드의 바닥부로부터 과잉 재료를 제거하기 위한 신축 소자의 사용을 포함할 수 있다. 이 실시예는 가열 고무(예컨대 VITON) 블레이드를 이용한 오리피스 판의 소제가 따르는 모든 제트의 분사를 포함한다. 바람직하게도, 블레이드는 오리피스 판과 접촉하도록 배치되어, 이들이 서로 상대적으로 이동함으로써 스퀴지 동작을 통해 오리피스 판으로부터 과잉 재료를 제거하며 적절히 동작하지 않는 제트를 다시 동작하도록 한다. 또한, 오리피스 판 및 블레이드가 서로 일정 각도로 배치되어 이들의 접촉시 어느 한 순간에 오리피스 판의 일부만이 스퀴지와 접촉하게 함으로써 블레이드가 오리피스 판 위에 가하는 힘을 최소화하는 것이 바람직하다.

오리피스 판(10)은 재료 비말이 분배 플랫폼(18)의 하측으로부터 방출되도록 하기 위해 분배 플랫폼(18) 상에 장착된다. 오리피스 판(10)은 도 4Xa 및 4Xb에 도시되어 있다. 하나의 바람직한 실시예에서, 그리고 도 4Xa에 도시된 바와 같이, 오리피스 판(10)(즉, 오리피스들의 라인)은 주 주사 방향(X 방향)에 거의 수직하게 장착되며 N=96의 개별적으로 제어 가능한 오리피스들(10(1), 10(2), 10(3),...,10(96))로 구성된다. 각 오리피스는 전기 분사 펄스를 인가받을 때 재료를 통해 압력파를 전파시키는 압전 소자를 구비한다. 압력파는 오리피스로부터 재료 비말이 방출되도록 한다. 96개의 오리피스는 개별 오리피스에 인가된 분사 펄스의 속도 및 타이밍을 제어하는 제어 컴퓨터에 의해 제어된다. 도 4

Xa를 참조하면, 바람직한 실시예에서 인접한 오리피스들간의 거리 d는 약 8/300 인치(약 26.67 밀 또는 0.677mm)이다. 따라서, 96개의 오리피스가 사용될 때, 오리피스 판의 유효 길이 D는 약 (N×8/300 인치)=(96×8/300 인치)=2.56 인치(65.02 mm)이다.

물체를 정확하게 형성하기 위하여, 프린트 헤드는 비말들이 원하는 특정 낙하 위치, 즉 비말이 도달하도록 의도된 위치에 도달하도록 분사해야 한다. 원하는 낙하 위치는 물체를 일련의 상대적으로 이격된 위치점들로 묘사하는 데이타 맵 또는 픽셀 위치로부터 결정된다. 비말이 원하는 낙하 위치에 도달하기 위해서는, 프린트 헤드는 원하는 낙하 위치에 대한 프린트 헤드의 상대적 위치, 프린트 헤드의 속도 및 방출된 후 입자들의 궤적 특성에 기초한 원하는 분사 위치 또는 원하는 분사 시간으로부터 비말을 분사해야 한다.

바람직한 실시예에서, 프린트 헤드(9) 및 오리피스를 원하는 분사 위치에 배치하기 위해 래스터 주사가 이용된다. 각 층에 대한 프린팅 공정은 헤드(9)와 원하는 낙하 또는 분사 위치 간의 일련의 상대 운동에 의해 달성된다. 프린팅은 대개 헤드(9)가 주 주사 방향으로 상대적으로 이동할 때 이루어진다. 이 후, 분배가 이루어지지 않으면서 2차 주사 방향으로 통상 더 작은 이동 증가가 수행되며, 이어서 주 주사 방향의 역 주사가 이루어지면서 분배가 다시 이루어진다. 주 주사 및 2차 주사를 교대로 하는 공정은 층이 완전히 피착될 때까지 반복된다.

또 하나의 바람직한 실시예는 주 주사가 수행되는 동안 적은 2차 주사 운동 을 수행할 수 있다. 주 및 2차 방향을 따른 순수 주사 속도의 큰 차이로 인해, 상기 실시예에서는 주 주사 방향에 거의 평행하고 2차 주사 방향에 거의 수직한 주사 라인들을 따른 피착이 일어난다. 또 다른 바람직한 실시예는 벡터 주사 기술 또는 벡터 주사 기술과 래스터 주사 기술의 조합을 이용할 수 있다.

비말들은 분사 오리피스로부터 분배된 후 그 폭에 비해 길이가 연장된 형상을 가진다는 것이 발견되었다. 비말의 폭 대 길이의 비는 비말의 종횡비로서 정의될 수 있다. 또한, 이러한 비말들의 종횡비는 비말들이 분사 오리피스로부터 멀어질 때(즉, 더 구형이 될 때) 더 작아진다는 것이 발견되었다.

몇몇 실시예에서, 오리피스 판(10)과 작업면 사이의 간격은 방출된 비말들이 작업면에 충돌할 때 반구형이 되도록 충분히 긴 것이 바람직하다는 것을 이해해야 한다. 반면에, 비말들이 프린팅 공정시 충돌 전에 이동해야 하는 거리를 결정하는 상기 간격은 비행 시간이 증가할 때 발생할 수 있는 정확도 문제를 피하기 위해 최소화되어야 한다는 것도 이해해야 한다. 실제로, 상기 두 조건은 오리피스 판으로부터 방출된 비말중 적어도 90%가 약 1.3보다 작은 것이 바람직하고 약 1.2보다 작은 것이 더 바람직하며 1.05 내지 1.1인 것이 가장 바람직한 종횡비(즉, 비말의 폭을 비말의 길이로 나눈 비율)를 달성한 때 모두 만족된다는 것이 발견되었다.

또 다른 바람직한 실시예에서, 프린트 헤드(9)는 주 주사 방향에 수직하지 않은 각도로 장착될 수 있다. 이러한 상황이도 4Xb에 도시되어 있는데, 여기서 프린트 헤드(9)는 주 주사 방향(예컨대 X 방향)에 대해 α의 각도로 장착되어 있다. 이 실시예의 상황에서, 오리피스들간의 간격은 d에서 d'=(d×sinα)로 감소하 며, 프린트 헤드(9)의 유효 길이는 D'=(D×sinα)로 감소한다. 간격 d'이 2차 주사 방향(주 주사 방향에 거의 수직한 방향)에서의 원하는 프린트 해상도와 동일한 경우, 각도 α는 사브르 각도로 고려된다.

간격 d 또는 d'가 원하는 2차 프린트 해상도에 있지 않은 경우(즉, 프린트 헤드가 사브르 각도에 있지 않은 경우), 층 프린팅의 최적 효율을 위해서는 d 또는 d'가 원하는 해상도의 정수배가 되도록 원하는 해상도를 선택해야 한다. 유사하게, α≠90도인 상태에서 프린팅하는 경우, 제트들의 간격은 주 주사 방향 및 2차 주사 방향에 존재한다. 이 간격은 d''=d×cosα에 의해 정의된다. 이것은 또한 원하는 주 방향 프린트 해상도가 d''의 소인수가 되도록 선택된 때 프린팅 효율의 최적화가 이루어진다는 것을 나타낸다(분사 위치들이 직사각 그리드 안에 위치하는 것으로 가정). 이것을 표현하는 또 하나의 방법은 d' 및/또는 d''가 적절한 정수 M 및 P에 의해 나누어질 때 원하는 2차 및 주 주사 해상도를 달성할 수 있도록 각도 α를 선택하는 것이다. 바람직한 프린트 헤드 방향(α=90도)을 사용하는 이점은 최적 효율을 유지하면서 주 주사 방향에서 원하는 프린팅 해상도가 가능하다는 것이다.

다른 바람직한 실시예에서, 끝이 맞닿도록 배치되며(2차 주사 방향으로 연장), 또는 배면이 맞닿도록 적층된(주 주사 방향으로 적층) 복수의 헤드가 사용될 수 있다. 배면 대 배면으로 적층된 경우, 프린트 헤드들은 주 주사 방향으로 정렬된 오리피스들을 가질 수 있어, 이들은 동일 라인 상에 프린트하거나, 다른 주 주사 라인들을 따라 재료를 분배하도록 서로 이격될 수 있다. 특히, 발생하여야 하 는 주 주사 통과 수를 최소화하기 위해 2차 주사 방향으로 원하는 주사선 간격 만큼 서로 이격된 배면 대 배면 프린트 헤드들을 구비하는 것이 바람직할 수 있다. 다른 바람직한 실시예에서, 피착 위치를 정의하는 데이타는 직사각 그리드 로 구성된 픽셀들에 의해 지정될 수 없는 대신, 몇몇 다른 패턴(예컨대 오프셋 또는 지그재그 패턴)으로 구성된 픽셀들에 의해 지정될 수 있다. 더욱 상세하게는, 피착 위치는 분사될 영역의 세부 사항에 기초하여 전체 층 또는 층의 일부에 대해 부분 픽셀 낙하 위치 오프세팅을 수행하기 위해 층에서 층으로 완전히 또는 부분적으로 변할 수 있다.

현재 바람직한 프린팅 기술은 주 주사 방향에서 인치당 300, 600 및 1200 비말 및 2차 주사 방향에서 인치당 300 비말의 피착 해상도를 갖는다.

도 3X 및 5X를 참조하면, 평탄화기(11)는 그물 모양(예컨대 깔쭉이)의 표면을 가진 가열된 회전(예컨대 2000 rmp) 실린더(18a)를 포함한다. 그 기능은 미리 분배된 재료층의 일부를 녹이고 이동시켜 제거하여 재료층을 평탄함으로써 최종 형성된 층의 두께를 원하는 값으로 설정하고 최종 층의 상부면을 원하는 레벨로 설정하는 것이다. 번호 19는 프린트 헤드에 의해 방금 피착된 재료층을 나타낸다. 회전 실린더(18a)는 플랫폼의 하측으로부터 Z 방향으로 충분한 양만큼 돌출하도록 분배 플랫폼 안에 장착되어 원하는 레벨에서 재료(19)와 접촉한다. 더 중요하게, 회전 실린더(18a)는 프린트 헤드 또는 오리피스 판의 하측에 의해 스위핑되는 평면 아래로 원하는 간격 만큼 돌출하도록 장착된다. 오리피스 판 자체가 분배 플랫폼(18) 아래로 돌출한 경우, 회전 실린더(18a)는 분배 플랫폼(18) 아래로 더 돌출하 게 된다. 한 바람직한 실시예에서, 오리피스 판 아래로 Z 방향 돌출은 0.5 내지 1.0 mm의 범위 내이다. 롤러가 분배 플랫폼(18) 아래로 연장되는 범위는 오리피스 판(10)과 작업면 사이의 간격의 결정 요소이다. 따라서, 몇몇 바람직한 실시예

에서, 평탄화기(11)가 오리피스 판(10) 아래로 연장되는 범위는 비말의 90%가 충돌시 약 1.3보다 작은 것이 바람직하고 약 1.2보다 작은 것이 더 바람직하며 1.05-1.1의 범위에 있는 것이 가장 바람직한 종횡비를 달성하게 되는, 비말 종횡비와 관련하여 전술된 조건과 불일치하지 않도록 하는 것이 바람직하다.

실린더의 회전은 도면에 21로 표시된 방금 피착된 층으로부터 재료를 스위핑하여 그 궤적에 평탄면(20)을 남긴다. 재료(21)는 실린더의 깔쭉이 면에 부착되어 와이퍼(22)와 접촉될 때까지 이동된다. 도시된 바와 같이, 와이퍼(22)는 실린더의 표면으로부터 재료(21)를 효과적으로 스크래핑하도록 배치된다. 테프론과 같은 다른 재료가 실린터의 표면으로부터 재료를 스크래핑할 수 있지만, 와이퍼는 바람직하게도 VITON으로 제조된다.

바람직하게는, 스크래퍼 재료는 액화된 조형 재료에 대해 젖지 아니하며, 내구성이 좋아 회전 실린더(18a)와 접촉해도 그렇게 빨리 마모되지는 않는다. 제거된 재료는 가열된 연결재를 통해서 진공 흡착에 의해서 폐기물 탱크(도시 안됨)로 버려지며, 이 버려진 재료는 폐기물 탱크 내에서 처분되거나 재생된다. 평면화기 폐기물 탱크는 평면화기 실린더로부터 재료를 연속적으로 제거하기 위하여 진공으로 일정하게 유지된다. 탱크가 충만되면, 시스템은 수초 동안 진공을 역전시켜 폐기물을 체크 밸브 밖으로 빼내어서 더 큰 폐기물 트레이 내로 들어가게 한다. 탱 크가 비워지고 나면, 진공이 회복되고, 페기물은 평면화기로부터 계속해서 인출된다. 실제로는, 분배된 재료의 약 10-15% 정도가 평면화기에 의해 제거되는 것으로 관찰되었다. 대부분의 바람직한 실시예들은 회전, 용융 및 스크랩핑의 조합을 이용하여 평면화를 수행하지만, 다른 실시예들도 이들 3가지 요소들 중 어느 하나 또는 이들 요소들 중 2가지의 임의 조합을 이용할 수 있다.

본 구현에서, 실린더(18a)는 헤드가 각 방향에서 앞뒤로 이동함에 따라 단일 방향으로 (예컨대 대략 2000 rpm) 회전한다. 대안적인 실시예에서, 실린더(18a)는 플랫폼(18)이 주주사 방향에서 이동하는 동안에 스위핑하는 정방향 또는 역방향에 따라서 반대 방향으로 회전하도록 할 수 있다. 일부 실시예들은 프린트 헤드의 배향축에 대해 이축된 실린더 회전의(18a) 회전축을 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서는 하나 이상의 실린더(18a)를 사용할 수 있다. 예컨대, 2개의 실린더를 사용한 경우에는 각 실린더는 서로 다른 방향으로 회전될 수 있고, 또 서로 간에 수직으로 위치설정되어서 어떤 선택된 실린더가 주어진 스위핑 중에 평면화에 관여할 수가 있도록 한다.

단일의 프린트 헤드910)와 실린더(18a)를 사용하면, 각 통과에서 피착이 일어나지만 프린트 헤드의 제2 통과 마다 평면화가 효과적으로 일어난다(즉, 평면화는 항상 동일한 방향에서 일어난다). 이러한 상황 하에서, 스위핑 방향이 실린더로부터 프린트 헤드쪽으로 향한 화살표와 동일한 방향을 따를 때에 평면화가 일어난다. 즉, 스위핑 방향이 요소들이 주주사 방향에서 층을 횡단함에 따라서 프린트 헤드를 추종하는 방향일 때 평면화가 일어난다.

다른 바람직한 실시예들은 단일 실린더를 사용할 수 있지만, 실린더의 양면에 위치된 하나 또는 그 이상의 프린트 헤드를 사용하여, 양방향에서 스위핑할 때에 평면화가 효과적으로 일어나게 할 수가 있다. 다른 대안적인 실시예들은 프린트 헤드(들)와 평면화 실린더의 이동을 분리할 수 있다. 이 분리 동작은 독립적인 평면화와 분배 작용을 가능하게 할 수 있다. 이 분리 동작은 서로 다른 프린트 헤드 스위핑 방향(예컨대 X방향)과 실린더 스위핑 방향(예컨대 Y방향)을 포함할 수 있다. 이 분리 동작은 또한 다수층이 형성되게 하거나, 평탄화 공정들 사이에서 단일층의 라인들이 피착되게 할 수 있다.

도 3Xa를 참조하면, 부분 형성 플랫폼(15)도 형성되어 있다. 도면에서 도면 부호 14로 표시된 3차원 물체 또는 부분은 플랫폼(15) 상에 형성된다. 플랫폼(15)은 컴퓨터 제어에 따라서 Y 방향(즉, 인덱스 방향 또는 제2 차 주사 방향)에서 전후로 플랫폼의 이동을 제어할 수 있는 Y단(16a, 16b)에 슬라이딩 가능하게 결합된다. 플랫폼(15)은 또한 컴퓨터 제어에 따라서 Z 방향에서 상하로 (통상적으로는 형성 공정 중에 점차적으로 하향됨) 플랫폼의 이동을 제어할 수 있는 Z단(17)에도 결합된다.

단면, 층, 또는 부분의 층을 형성하기 위해서, Z단은 프린트 헤드(9)의 오리피스 판(10) 아래에 부분(14)의 최종 형성 단면이 적당량 위치되게끔 프린트 헤드(9)에 대해 부분 형성 플랫폼(15)을 이동시키라는 지시를 받는다. 그러면, Y단(16a, 16b)과 결합된 프린트 헤드(9)는 XY 형성 영역 위를 1회 이상 스위핑한다(헤드는 X방향에서 전후로 스위핑하고, Y단(16a, 16b)은 부분적으로 형성된 물체를 Y 방향으로 이송시킨다). 최종 형성된 단면, 층, 또는 물체의 층의 조합과 이에 관련된 모든 지지부는 다음 층의 피착을 위한 가공면과 이에 관련된 모든 지지부를 정하게 된다. XY방향에서의 이송 중에, 프린트 헤드(9)의 제트 오리피스들은 이전에 분배된 층들에 대해 정렬되는 방식으로 분사되어, 물체의 다음 층의 형성을 위해서 재료를 원하는 형상과 순서로 피착시킨다. 분배 과정 중에는 분배된 재료의 일부가 상술한 방식으로 평면화기(11)에 의해 제거된다. X, Y, 및 Z 이동, 분배, 평면화 동작은 반복되어서, 다수의 선택적으로 분배되고 고정된 층들로부터 물체를 형성한다. 더욱이, 분배 플랫폼(18)의 방향이 주사 완료 시에 역전되는 과정에 있어도 플랫폼(15)은 Y 또는 Z 방향에서 인덱스될 수 있다.

바람직한 실시예에서, 층 형성 중에 적층된 재료는 원하는 층두께 또는 이보다 약간 더 두꺼운 두께를 가진다. 상술한 바와 같이, 적층된 잉여 재료는 평면화기의 작용에 의해 제거된다. 이와 같은 상황 하에서, 층들 간의 실제 형성 두께는 각 층에 대해 적층된 재료량에 의해 결정되지 않고, 대신에 각 층의 피착 후에 플랫폼에 의한 하방 수직 증가에 의해서 결정된다. 형성 속도의 최적화 및/또는 폐기물량의 최소화를 원한다면, 적층 과정에서 재료를 가능한 적게 잘라내는 것이 바람직하다. 재료를 적게 잘라낼수록 각 층은 더 두꺼워지고, 물체의 형성 속도는 더 빨라진다. 반면에, 층 두께, 즉 z-증분을 아주 크게 하면, 적어도 일부 낙하 위치들과 관련된 형성량은 원하는 레벨 밑으로 뒤떨어지기 시작할 것이다. 이러한 뒤떨어짐으로 인해 실제 물리적 가공면은 원하는 가공면과는 다른 위치에 있게 되고, 비평면 가공면이 형성될 가능성이 있다. 이와 같이 위치차가 생기게 되면, 예 상보다 비말의 비행 시간이 더 길어져 비말의 XY 배치가 잘못될 수가 있고, 또 실제 가공면의 위치가 잘못 설정되어 있는 층들에서 시작하거나 끝내는 물체 형상의 수직 배치가 잘못될 수가 있다. 그러므로, 일부 실시예에서는 수직 방향에서 층 증가를 최적화하는 것이 바람직하다.

최적 Z축 증가를 결정하기 위해서는 축적 진단 부분을 사용할 수 있다. 이 기술은 바람직하게는 연속적으로 더 큰 Z 증가에서 하나 또는 그 이상의 테스트 부분의 층들을 형성하는 단계와, 형성된 형상의 높이를 측정하는 단계, 및 Z증

가가 정확한 량의 형성 높이(즉, 수직 축적)를 일으키는지와 Z 증가가 원하는 량 밑으로 뒤떨어진 형성 높이를 일으키는지를 판단하는 단계를 포함한다. 일정량(즉, 최대 허용량)까지의 층 증가(즉, Z 증가)는 층수와 각 층의 두께의 곱에 의해 예측되는 것과 동일한 물체에 대한 형성 레벨을 나타낼 것이라고 기대된다. 층 증가가 최대 허용량을 초과한 후에는, 물체의 형성 레벨은 층수와 각 층의 두께의 곱에 의해 예측되는 량에 미치지 못할 것이다. 대안적으로, 진단 부분(들)의 상면의 평면성을 없애버려도 된다(이것은 일부 낙하 위치는 충분한 재료를 받을 수 있고, 다른 낙하 위치는 그렇치 못하다는 것을 의미함). 진단 부분(들)을 검사함으로써, 최대 허용 Z 증가량을 실험적으로 결정할 수 있다. 그 다음, 최적 Z 증가량은 이 최대 허용량으로서 선택될 수 있고, 또는 이것은 이 최대량보다는 약간 적은 어떤 두께로 선택될 수 있다. 서로 다른 형성 및 지지 스타일이 서로 다른 속도로 수직 방향에서 축적된다고 알려져 있기 때문에, 상기 테스트는 형성 스타일과 지지 스타일 각각에 대해서 수행될 수 있으며, 이 테스트로부터 서로 다른 조합에 대한 최적 Z 증가는 각 스타일에 대해서 개별적으로 결정된 어떠한 최대량보다 더 두껍지 않게끔 선택될 수 있다.

더욱이, 주어진 주사 라인을 추적하는데 있어 분배 헤드는 주사 라인의 부분에 대해 거의 일정한 속도를 유지하기만 해도 된다. 나머지 주사 동안에는 헤드(9)는 가속 또는 감속될 것이다. 제트 분사 제어 방식에 따라서, 이것은 동작의 가속 및 감속 단계 중에 과잉 형성으로 인한 문제를 초래할 수도 그렇지 아니할 수도 있다. 속도 변화가 가속값에서 문제를 일으킬 수 있는 경우에는, 부분 또는 지지부 형성은 프린트 헤드가 거의 일정한 속도를 가지는 주사 라인부로 한정될 수 있다. 대안으로서, 3D Docket No. USA.143에 대응하는 동시 출원된 미국 특허 출원에 기재되어 있는 바와 같이, 주사 라인의 가속 또는 감속 부분 동안에 정확한 피착을 가능하게 하는 분사 제어 방식이 이용될 수 있다.

이미 설명한 바와 같이, 일부 바람직한 실시예들에서는, 프린트 헤드(9)는 래스터 패턴을 추적하도록 지시를 받는다. 그 예가 도 6X에 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 래스터 패턴은 X 방향, 즉 주 주사 방향에서 주행하며 Y 방향(즉, 인덱스 방향 또는 부 주사 방향)을 따라 배열(즉, 이격)되는 주사선(또는 주사 라인) 계열(R(1), R(2), … R(N))로 구성되어 있다. 주사선들은 서로 간에 일정 거리(d_r) 만큼 이격되어 있다. 이 거리는 바람직한 실시예에서는 1인치의 1/300(약 3.3 ㎜ 또는 약 83.8 ㎛)이다. 프린트 헤드(9)의 오리피스들은 상술한 바와 같이 바람직하게는 약 26.67 ㎜(0.6774 ㎛)인 거리(d) 만큼 이격되어 있기 때문에, 그리 고 원하는 주사선수는 약 2.56 인치(65.02 ㎜)인 오리피스 판(10)의 길이보다 더 큰 거리 만큼 인덱스 방향으로 확장시킬 수 있기 때문에, 프린트 헤드(9)는 원하는 모든 주사선들을 추적하기 위하여 다수의 통과를 통해 가공면 위를 스위핑해야 한다.

이것은 바람직하게는 2단계 공정을 따라서 수행된다. 제1 단계에서, 프린트 헤드(9)는 주 주사 방향에서 가공면 위를 8회 지나가며, Y단(16a, 16b)은 주 주사 방향에서 각각 통과한 후에 부 주사 방향에서 상기 일정 거리량(d_r)으로 인덱스된다. 제2 단계에서, Y단(16a, 16b)은 오리피스 판(10)의 길이(2.5600 인치 + d_r(0.0267 인치) = 2.5867 인치(65.70 ㎜))와 같은 거리로 인덱스된다. 그 다음, 이 2단계 공정은 원하는 주사선 모두가 추적될 때까지 반복된다.

예컨대, 제1 통과에서, 프린트 헤드(9)는 주사선들(R(1)(도 4X의 경유 오리피스(10(1)), R(9)(경유 오리피스(10(2)), R(17)(경유 오리피스(10(3)) 등)을 추적하도록 지시를 받을 수 있다. 그 다음, Y단(16a, 16b)은 인덱스 방향에서 형성 플랫폼(18)을 상기 거리(d_r)(1 주사선) 만큼 이동시키라는 지시를 받게 된다. 다음번 통과에서, 프린트 헤드(9)는 R(2)(경유 (10(1)), R(10)(경유 (10(2)), R(17)(경유 (10(3)) 등을 추적하도록 지시를 받을 수 있다. 그 다음, 총 8번의 통과가 수행될 때까지 6번 이상의 통과가 수행되어, 각 통과 후에 Y단(16a, 16b)이 거리(d_r)로 인덱스된다.

(8번의 통과로 이루어진) 제1 단계를 수행한 후에, 추적될 주사선이 더 있다 면, 제2 단계가 수행된다. 제2 단계는 Y단에게 오리피스 판(10) + d_r의 전체 길이(2.5867 인치(65.70 ㎜))와 같은 량만큼 형성 플랫폼을 이동시키라고 지시하는 단계를 포함한다. 필요에 따라서는 제1 단계를 구성하는 다른 세트의 8번의 통과가 수행된 다음에 또 한번의 제2 단계가 이어진다. 그 다음, 상술한 2단계 공정은 모든 주사선이 추적될 때까지 반복될 것이다.

이 2단계 공정의 예는 도 26X에서 2개의 제트로 이루어진 프린트 헤드에 대해서 도시되어 있다. 이 예에서 2개의 제트는 8 래스터 간격 만큼 서로 간에 분리되어 있다. 단면의 주사는 위치(201)에 위치한 제1 제트와 위치(301)에 위치한 제2 제트로 시작한다. 주사 과정의 제1 단계는 제1 및 제2 제트 각각에 의해서 표시된 방향에서 주사선(211, 311)의 주사로 시작한다. 제1 단계의 일부로서, 요소(221, 321)로 표시된 하나의 주사선 폭의 인덱스 증가에 이어서 주사선(211, 311)의 초기 주사가 수행된다. 계속해서 제1 단계의 일부로서, 6번 이상의 1주사선 폭 증가(요소쌍(222, 322), (223, 323), (224, 324), (225, 325), (226, 326), 및 (227, 327)로 도시됨) 만큼 분리된 7개 이상의 래스터 주사(라인쌍(212, 312), (213, 313), (214, 314), (215, 315), (216, 316), (217, 317), 및 (218, 318)로 도시됨)에 이어서 초기 래스터 주사와 인덱스 증가가 이어진다. 주사선쌍(218, 318)을 주사한 직후에는, 주사선(228, 229)의 방향과 길이에 따라서 Y 방향에서 헤드가 인덱스되는 공정의 제2 단계가 수행된다. 이 인덱스의 길이는 헤드 폭(즉, 본 예에서는 8개의 주사선 폭) 플러스 1개 이상의 주사선의 폭과 같다. 이 큰 증 가 후에는, 필요한 횟수 만큼 제1 단계와 제2 단계가 반복되어, 형성되는 특정 단면의 주사를 완료한다. 본 기술 분야의 통상의 전문가라면, 이 2단계 주사 기술은 대안적인 실시예에서 다른 방식으로 구현될 수 있음을 잘 알 것이다. 예컨대, 제2 단계는 요소(228, 328)로 표시된 Y에서의 포지티브 인덱스 증가로 구성되는 대신에 요소(330)(3개의 헤드 폭 마이너스 하나의 주사선 폭)로 표시된 Y에서의 큰 네가티브 증가로 구성될 수 있다.

이 바람직한 실시예는 다음의 특징들을 포함하는 것으로 요약될 수 있다. 1) 인접한 제트들 간의 인덱싱 방향에 따른 간격은 인덱싱 방향에 거의 수직인 프린팅 방향으로 신장하는 인접한 피착 라인들 간의 원하는 간격(d_r)의 정수(N) 배이다. 2) 제1 단계는 인접한 피착 라인들 간의 원하는 간격(d_r) 만큼 인덱싱 방향에서 각 통과가 오프셋되는 프린팅 방향에서 다수의 통과(N)를 수행하는 단계를 수행한다. 그리고, 3) 제2 단계는 제트가 하나의 주사선 인덱스 증가 만큼 분리된 또 다른 N 통과에서 재료를 게속해서 피착시킬 수 있게끔 인덱싱 방향에서 프린트 헤드(9)를 많이 오프셋시키고, 필요에 따라 또 다른 큰 인덱스 증가를 행하는 단계를 포함한다. 대부분의 바람직한 실시예들에서, 제2 단계 인덱스량은 제1 제트와 최종 제트 간의 간격 플러스 인접한 피착 라인들 간의 원하는 간격(즉, N×J+dr, 여기서 J는 프린트 헤드(9) 상의 제트수임)의 합과 같을 것이다.

상기 예에서 설명한 바와 같이, 다른 제2 단계 인덱스량도 가능하다. 예컨대, 네가티브 제2 단계 증가(제1 단계에서 사용된 인덱스 증가와는 반대 방향임)는 헤드 폭 플러스 하나의 주사선 간격 폭보다 작은 연속한 제트들 간의 폭의 2배의 합과 같다. 다른 실시예에서는, 포지티브값과 네가티브값 간에 전후로 변화하는 또는 교대하는 제2 단계 인덱스량을 이용하는 것이 가능하다. 이들 실시예에서, 제2 단계 증가량은 제1 단계에서 이용된 개별적인 인덱스량보다 더 크다는 공통 특성을 갖고 있다.

다른 바람직한 실시예에서는 다른 단일의 또는 다수의 단계 인덱싱 패턴을 이용할 수 있으며, Y축을 따른 네가티브 이동과 포지티브 이동을 모두 포함하는 증가를 포함하는 인덱스 방향 증가가 일반적으로 이루어질 수 있다. 이것은 초기에 스킵되었던 주사선을 주사하는데 이용될 수도 있다. 이에 대해서는 '인터레이싱'라고 하는 기술과 관련하여 더 자세히 설명할 것이다.

일부 바람직한 실시예에서 잉크제트 분사는 제어 컴퓨터 또는 기타 다른 메모리 장치에 유지되어 있는 직사각형 비트맵, 즉 픽셀 위치에 의해서 제어된다. 비트맵은 메모리 셀 그리드로 구성되며, 이 그리드에서 각 메모리 셀은 가공면의 픽셀에 해당하며, 그리드의 행은 주 주사 방향(X방향)으로 신장하며, 그리드의 열은 부 주사 방향(Y방향)으로 신장한다. (Y방향을 따라 이격된) 행들의 폭(즉, 행간 거리)은 서로 다른 데이타 해상력이 X 및 Y 방향을 따라 존재할 수 있도록 (X방향을 따라 이격된) 열의 폭(즉, 열간 길이 또는 거리)과 다를 수 있다. 다른 바람직한 실시예에서, 픽셀폭 또는 길이 중 하나 또는 모두가 픽셀 위치에 의해 변화되는 층 내에 또는 층들 간에는 균일하지 않은 픽셀 크기가 가능하다. 또 다른 바람직한 실시예에서는 다른 픽셀 정렬 패턴도 가능하다. 예컨대, 인접한 행들의 픽셀 은 픽셀간 간격의 일정 비율 만큼 주 주사 방향에서 오프셋되어 픽셀들의 중심이 이웃한 행의 픽셀의 중심과 정렬되지 못할 수가 있다. 이 일정 비율은 픽셀 중심이 인접 행의 픽셀 경계와 정렬되도록 1/2가 될 수 있다. 이것은 픽셀 패턴이 다음 층에서 재정렬하기 전에 2 또는 그 이상의 중간층을 택하도록 1/3, 1/4 또는 다른 비율이 될 수 있다. 또 다른 대안으로서, 픽셀 정렬은 분배되는 물체 또는 지지 구조의 기하학적 형태에 따라 달라질 수 있다. 예컨대, 지지열들 간의 갭을 이을 예정인 지지 패턴의 일부를 형성할 때, 또는 물체의 하면 대면부를 형성할 때에 픽셀 정렬을 시프트시키는 것이 바람직할 수 있다. 이들 및 다른 대안적인 픽셀 정렬 방식은 픽셀 구성을 변경함으로써, 아니면 그 대안으로써 (X 및/또는 Y에서) 고해상 픽셀 배열을 정의하고, 모든 픽셀 위치에서 분사하지 않고 그 대신에 원하는 임의의 소정 또는 물체 바이어스 패턴에 따라서 변할 수 있는 선택된 이격된 픽셀 위치들에서 분사한다.

주 주사 방향에서의 데이타 해상도는 주 방향 픽셀(Main Direction Pixel: MDP)에 의해서 정의된다. MDP는 픽셀 길이로 또는 단위 길이당 픽셀수에 의해서 설명될 수 있다. 일부 바람직한 실시예에서, MDP = 인치당 300픽셀(26.67/픽셀 또는 677.4 ㎛/픽셀)이다. 다른 바람직한 실시예들에서는, MDP = 인치당 1200 픽셀이다. 물론 다른 어떤 MDP 값도 원하는 대로 사용할 수 있다. 유사하게 부 주사 방향에서의 데이타 해상도도 부 방향 픽셀(SDP)에 의해서 정의될 수 있으며, 이 SDP는 픽셀 폭 또는 단위 길이당 픽셀수에 의해 설명될 수 있다. 일부 바람지한 실시예에서는, SDP = MDP =인치당 300 픽셀(26.67 ㎜/픽셀 또는 677.4 ㎛/픽셀)이 다. SDP는 주사선들 간의 간격과 같을 수도 같지 않을 수도 있고, MDP는 각 주사선을 따른 연속한 낙하 위치들 간의 간격과 같을 수도 같지 않을 수도 있다. 연속한 주사선들 간의 간격은 부 낙하 위치(SDL)로 정의될 수 있고, 각 주사선을 따른 연속한 낙하 위치들 간의 간격은 주 낙하 위치(MDL)로 정의될 수 있다. SDP 및 MDP와 유사하게 SDL 및 MDL은 단위 길이당 비말, 즉 비말 간격에 의해서 정의될 수 있다.

만일 SDP =SDL이라면, 부 주사 방향에 따른 데이타 위치와 낙하 위치 간에는 1 대 1 대응 관계가 있고, 픽셀 간격은 주사선 간격과 같다. 만일 MDP = MDL이라면, 주 주사 방향에 따른 데이타 위치와 낙하 위치 간에는 1 대 1 대응 관계가 있다.

SDL 및/또는 MDL이 각각 SDP 및/또는 MDP보다 더 큰 경우에는, 데이타가 존재하는 것보다 더 많은 비말이 분사될 필요가 있을 것이며, 따라서 각 픽셀은 하나 이상의 비말의 낙하를 제어하는데 사용될 필요가 있을 것이다. 이들 잉여 비말의 분배는 비말들을 연속한 픽셀들의 중심들 간의 중간 위치에 분배(즉, 중간 낙하, 'ID')하거나 아니면 픽셀 중심의 상부에 직접 분배(즉, 직접 낙하, 'DD')함으로써 행해질 수 있다. 각 경우에, 이 기술은 오버프린팅이라고 하며, 프린트 헤드 및/또는 물체를 더 천천히 이동시키면서 동일한 Z 형성을 시행할 수 있기 때문에 최대 주사 속도와 가속도에 관련된 기계적 설계 제한을 완화시키며 재료의 형성 작업을 더욱 신속하게 한다. ID 오버프린팅 대 비오버프린팅, 즉 DD 오버프린팅 에서의 차이는 도 16Xa 내지 도 16Xd에 도시되어 있다. 도 16Xa는 프린트 헤드가 방향(64) 으로 이동하고 있을 때에 피착되는 단일 비말과 이를 둘러싼 관련 고형 영역(62)을 도시한 것이다. 반면에 도 16Xb는 헤드가 방향(64)으로 이동하고 있을 때에 단일 데이타 포인트와 관련하여 2개의 비말(60, 66)이 피착되는 ID 오버프린팅 기술을 이용하여 경화되는 동일 영역을 도시한 것이다. 2개의 비말에 의해서 채워진 피착 영역은 영역(68)로 도시되어 있다. 도 16Xc는 4개의 비말 ID 오버프린팅 방식에 대해 유사한 상황을 도시한 것으로, 여기서는 비말들이 도면부호 60, 70, 66 및 72로, 피착 영역은 76으로, 그리고 주사 방향은 64로 표시되어 있다. 도 16Xd는 픽셀 라인(78, 80, 82, 84, 86 및 88)에 대해 유사한 상황을 도시한 것으로, 도면 부호 90은 오버프린팅없는 피착 영역의 길이를 도시한 것이고, 도면 부호 92는 4개 비말 ID 오버프린팅 기술을 이용한 경우의 피착 영역의 길이를 도시한 것이다. 이와 같은 것은 ID 오버프린팅이 대략 1/2에서부터 1바로 아래까지 추가적인 픽셀 길이를 픽셀이 사용되는 영역에 더한다고 말함으로써 일반화될 수 있다. 물론 사용되는 오버프린팅이 많을 수록 픽셀 영역의 수직 성장은 더 커질 것이다.

SDL 및/또는 MDL이 각각 SDP 및/또는 MDP보다 작다면, 적어도 프린트 헤드의 주어진 통과에 대해서는 데이타가 존재하는 위치들보다 더 적은 수의 위치에서 비말들이 분사될 것이다. 이러한 데이타 상황은 상술하였던 오프셋 픽셀 및/또는 비균일 크기 픽셀 기술을 구현하는데 이용될 수 있다.

도 7X에는 가로 세로 N행 M열 그리드가 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 그리드의 행에는 R(1), R(2), … R(N)과 같은 기호들이 붙어 있고, 그리드의 열에는 C(1), C(2), … C(M)과 같은 기호들이 붙어 있다. 또한 그리드를 구성하는 픽 셀들도 도시되어 있다. 이들에 대해서는 P(1, 1), P(1, 2),…P(M, N)과 같은 기호들이 붙어 있다.

단면을 형성하기 위해서는, 먼저 비트맵에 원하는 단면(형성되기를 원하는 모든 지지부 포함)을 나타내는 데이타가 적재된다. 이렇게 되면, 이부 바람직한 실시예에서 처럼 단일의 형성 및 지지 재료가 이용된다. 만일 재료를 소정의 픽셀 위치에 피착시키기를 원한다면, 그 위치에 대응하는 메모리 셀은 대략적으로 플래그되고(예컨대, 2진수 '1'이 적재됨), 적층될 재료가 없다면, 반대 플래그가 이용된다(예컨대, 2진수 '0'). 다수의 재료가 이용되면, 피착 장소에 대응하는 셀들이 낙하 위치 뿐만 아니라 피착될 재료 종류를 나타내기 위하여 적당히 플래그된다. 데이타 제어를 용이하게 하기 위하여, 물체 또는 지지 영역을 정의하는 압축 데이타(예컨대, 3디 시스템즈, 인크.의 도켓 번호 USA.143에 대응하는 동시 출원된 미국 특허 출원 제 ㅗ 호에 기재된, 각 주사선을 따른 온-오프 위치점들을 정의하는 RLE 데이타)는 특정 영역에 대해 이용되는 필 패턴 서술(예컨대, 도켓 USA.143에 기재된 스타일 파일 정보)로 부울 대수화되어, 분배 제트를 분사하는데 이용되는 최종 비트맵 표현을 도출할 수 있다. 제트의 실제 제어는 휘어졌었던 데이타를 포함하는 순차 변경된 비트맵에 의해서 조정되거나, 아니면 분사 제어 시스템으로의 더 효율적인 데이타 전송이 가능하도록 변경된다. 이것에 대해서는 3디 시스템즈, 인크.의 도켓 번호 USA.143에 기초한 미국 특허 출원에 자세히 설명되어 있다. 그 다음, 그리드를 구성하는 주사선들은 상술한 방식에 따라서 각각의 오리피스에 할당된다. 그 다음, 특정 오리피스는 비트맵 내의 대응 셀들이 플래그되는 방식에 따라서 원하는 낙하 위치 또는 픽셀 위치들에 대응하는 분사 위치에서 분사하도록 지시된다.

상술한 바와 같이, 프린트 헤드(9)는 많은 서로 다른 해상도로 비말들을 증착시킬 수 있다. 본 발명의 일부 바람직한 실시예에서는 SDP = SDL = 인치당 300 픽셀 및 비말이다. 또한 일부 바람직한 실시예에서는 MDL은 다음과 같이 MDP를 고정시킨 상태에서 3가지 서로 다른 값을 취할 수가 있다. 1) MDL = 인치당 300 비말 및 MDP =인치당 300 픽셀; 2) MDL = 인치당 600 비말 및 MDP =인치당 300 픽셀; 또는 3) MDL = 인치당 1200 비말 및 MDP =인치당 300 픽셀. MDL 대 MDP의 비가 1보다 크다면, 픽셀 중심들 간의 중간 위치(ID 오버프린팅)에서 픽셀당 잉여 비말이 생겨난다. 현행 바람직한 프린트 헤드와 재료에 있어서는, 비말당 체적은 약 80 내지 100 피코리터로서, 이것은 2 ㎜(50.8 ㎛) 지름을 갖는 비말을 개략적으로 산출한다. 현행 바람직한 프린트 헤드에 있어서는 최대 분사 주파수는 20 Khz이다. 비교해 보면, 13 ips에서의 1200 dpi의 분사율은 약 16 Khz의 분사 주파수를 수반하며, 이것은 허용 가능한 범위에 있는 것이다.

일부 바람직한 실시예에서, 데이타 조작, 전송 및 메모리 적재를 용이하게 하기 위하여 물체 데이타와는 별도로 형성 스타일이 정의된다. 이와 관련하여, 상술한 바와 같이, 물체를 나타내는 데이타는 픽셀 단위 방식으로 형성 스타일을 나타내는 정보와 함께 부울대수화(예컨대, 논리곱)되어 소정의 위치에서의 피착 패턴의 픽셀 단위 표현을 산출한다. 예컨대, 만일 완전 고체 패턴을 2가지 통과(예컨대, 2단계 패턴)에서 분배하고자 하는 경우에는 비말들이 적층(또는 쉬운 전문 용 어로, 광 기반 스테레오리소그래피에서 사용되는 선택적 응고와 유사하게 '노출'이라는 말을 사용할 수도 있음)될 픽셀의 일부를 나타내는 제1 형성 스타일 패턴과 함께 물체 데이타가 먼저 부울대수화(예컨대, 논리곱)될 것이다. 이렇게 해서 변경된 픽셀 데이타는 그 후에 제트 분사를 제어하는데 사용될 수 있다. 다음, 물체 데이타는 상보적인 형성 스타일 패턴과 함께 부울 대수화(에컨대, 논리곱)되어, 제2 제트 분사를 제어하기 위한 변경된 픽셀 데이타를 산출할 것이다. 다른 바람직한 실시예에서, 물체 데이타와 지지 데이타는 그 도출 시에 스타일 데이타를 형성하도록 즉시 상관될 수 있다. 또 다른 바람직한 실시예에서는, 형성 스타일 정보는 또한 홧소 시프팅 정보, 픽셀 사이징 정보, 오버프린팅 정보, 각 픽셀 위치 상에 피착하기 위한 주사 방향 우선도, 평면화 방향 및 회전 우선도 등을 포함할 수 있다. 여기에 설명된 형성 스타일은 1) 형성 속도 향상; 2) 구성 물체의 정밀도 향상; 3) 표면 마무리 향상; 4) 물체의 응력 및/또는 물체의 왜곡 감소; 또는 5) 이들 중 하나 또는 그 이상의 동시적인 조합에 의해서 시스템 성능을 향상시킨다.

선택적 피착 모델링 시스템의 주 문제는 재료 피착, 특히 피착된 단면의 두께 균일화의 신뢰성 확보에 있다. 다른 문제로는 모든 형성 스타일에 대한 균일한 두께의 달성이다. 잉크제트 시스템에서는 이러한 신뢰성 문제는 그 중에서도 특히 오분사 또는 비분사 제트의 형태가 될 수 있다. 다중 제트 시스템에서는, 제트 분사 방향의 비균일성, 제트들 간의 분배 체적의 비균일성, 그리고 다소 적은 정도지만, 시간에 따른 단일 제트로부터의 분배 체적의 비균일성에 관련된 문제가 더 존재한다.

단면 두께의 비균일성 문제는 또한 다른 현상으로부터도 초래될 수 있다. 예컨대, 비말이 일단 제트를 떠나고 나면, 이 비말이 가공면에 닿기 전의 비행 시간이 있다. 비말이 제트를 떠나면, 이 비말은 제트로부터 멀어지는 초기 하방 속도 성분을 갖고서 분사된다. 그러나 제트는 주 주사 방향에서 이동하고 있기 때문에 비말도 수직 속도 성분을 갖고 있다. 비말이 일단 제트를 떠나고 나면, 이 비말은 중력, 점성 견인력 및 표면 장력과 같은 여러 가지 내외부의 힘을 받게 된다. 그래서, 이들 초기 조건 및 힘들은 비말이 분사 위치 아래의 가공면에 착륙할 가능성이 없다는 결론에 이르게 한다. 대신에 비말은 통상적으로 프린트 헤드의 주행 방향에서 이 이론적 낙하 지점으로부터 다소 떨어진 곳에 착륙할 것이다. 즉, 분사 위치와 충돌(또는 낙하) 위치는 같은 XY 좌표를 갖지 않고 대신에 서로로부터 시프트될 것이다. 수평 거리에서의 시프트는 상술한 요인들 뿐만 아니라 각 수평 위치(예컨대, X 및/또는 Y 위치)에 있는 가공면의 수직 위치(예컨대, 'Z')와 오리피스 판(10) 간의 거리에 따라서도 달라진다. 상술한 바와 같이, 많은 이유로 해서 수직 위치의 변동이 생길 수 있다. 예컨대, 단면의 서로 다른 부분들 간의 기하학적 형상의 차로 인한 변동이 생길 수가 있다(재료 확산의 변동은 피착 두께의 변동을 초래함). 다른 예로서, 주어진 공간 패턴에 대한 피착의 시간적 배열로 인한 변동이 생길 수 있다(인접 픽셀 위치에 이전에 피착된 재료는 그 방향에서의 재료 확산 능력을 제한할 수 있음).

상술한 바와 같이, 본 발명을 구체화 시키기 위한 바람직한 시스템은 평면화를 이용하여 각각의 피착된 단면을 균일한 높이가 되게 하며, 층의 총두께는 2개의 연속한 층의 평면화 레벨화들 간의 Z레벨차에 연유한다. 이어서, 평면화 단계가 완전히 평탄하고 균일한 레벨의 층을 형성하기를 원한다면, 평면화들 간의 Z증가는 전체층 상의 각 점에 대해서 최소 피착/형성 두께 또는 그 이하에 있어야 한다. 만일 한개의 제트가 약하게 분사되면(또는 분사되지 않으면), 이 최소 두께 형성은 층의 총두께를 원하는 두께보다 훨씬 작게(즉, 제로나 거의 제로에 가깝게)되게 할 수 있으므로 형

성 시간이 원하는 시간보다 훨씬 길어질 수가 잇다. 이러한 피착/형성 문제를 다루기 위한 몇 가지 기술에 대해서 여기서 설명한다. 다른 바람직한 실시예들은 모든 층 대신에 주기적인 층상의 평면화의 이용을 포함한다. 예컨대, 제2, 제3, 또는 기타 다른 고차의 이격된 층마다에서 평면화를 이용할 수 있다. 대안으로서, 어느 층 또는 층의 어느 부분을 평면화할 것인 지에 대한 판단은 물체의 기하학적 형상에 따라 달라질 수 있다.

비행 시간 보상

상술한 바와 같이, 비말이 가공면 상의 원하는 위치를 정확하게 충돌하게 하는데 있어서의 한 가지 난점은 비말이 비행 상태에 있는 시간(즉, 비말의 비행 시간)이다. 만일 비행 시간이 항상 동일하고 또 오프셋 방향과 오프셋량이 항상 동일하다면, 유일한 영향은 분사 좌표와 피착 좌표 간의 시프트에 있기 때문에 비행 시간 문제는 생기지 않을 것이다. 그러나, 3차원 물체를 분사시킬 때에는, 헤드가 포지티브 및 네가티브 주 주사 방향 모두에서 주행하고(그리고 심지어 에컨대 주 및 부 주사 방향을 서로 교대하는 것을 포함할 수도 있음) 있을 때에 재료를 분사하는 것이 통상적으로 바람직하다. 이에 따라서 서로 다른 방향(예컨대 반대 방 향)에서 생기는 상대 운동으로 인한 주사들 간의 오프셋 방향의 변화(예컨대 오프셋 방향의 반전)가 생긴다. 이 문제는 헤드가 원하는 피착 장소 바로 위의 지점에 실제로 도달하기 전에 분사 신호를 생기게 함으로써 해결될 수 있다. 분사 시간에 대한 이와 같은 보상은 '비행 시간 보상'으로서 알려져 있다. 비행 시간은 각 방향에서의 주사에 별도로 적용된 보상 인자를 활용함으로써 보상될 수 있으며, 대안으로서, 한 주사 방향으로부터의 피착을 다른 방향에서 행해진 미보상된 주사와 정렬시키는데는 단일의 보상 인자를 이용할 수 있다. 비행 보상 시간은 많은 방식으로 구현될 수 있다. 예컨대 한가지 방법으로서 각 주사선의 시작부에서 초기 분사 위치(X위치)를 적당히 정의하는 방법이 있다. 이 초기 분사 위치는 주사선을 따른 모든 다른 픽셀들에 대한 분사 위치를 설정하는데 사용된다.

도 27Xa-27Xe는 분사 위치, 낙하 위치 및 비행 시간 간의 관계를 도시한 것으로, 본 도면들에서는 동일 구성 요소들에 대해서는 동일 도면 부호를 병기한다. 도 27Xa는 분사 위치들(404a, 404b)이 모두 원하는 낙하 위치(402)와 일치하는(즉, 어떠한 비행 보상 인자도 사용되지 않는) 상황을 도시한 것이다. 구성 요소(404a)는 헤드가 도면 부호 406a로 표시된 포지티브 X방향에서 지나가고 있을 때의 분사 위치를 나타내고, 구성 요소 404b는 헤드가 도면 부호 406b로 표시된 네가티브 X방향에서 지나가고 있을 때의 분사 위치를 나타낸다. 구성 요소 408a와 408b는 각각 분사 위치(404a, 404b)를 떠난 후에 비말에 의해 추적되는 공칭 경로를 나타낸다. 이 공칭 경로들(408a, 408b)은 비말들을 실제 낙하 위치(410a, 410b)로 인도하며, 이 낙하 위치에서 비말들은 표면과 충돌하여 충돌된 비말(412a, 412b)을 형성한다. 양방향에서 주사하는 동안에 분사된 비말들에 대한 교차점(즉, 촛점)은 도면 부호 414로 표시되어 있다. 전체 층에 대한 교차점들에 의해서 정해진 평면은 촛점면이라고 부를 수 있다. 구성 요소 416a과 416b는 분사 위치와 원하는 낙하 위치 간의 X 변위로서 이용된 비행 시간 인자를 나타낸다. 실제 낙하 위치가 원하는 낙하 위치와 일치하는지 여부가 보상 인자의 적절성을 결정하게 된다. 도 27Xa에서는 비말들이 발산 방향으로 이동하고 있고 충돌된 비말들이 가공면에서 중첩되지 않아서 Z에서의 형성이 최소로 되고 재료의 ZY 배치가 부정확하게 되는 결과를 가져오는 것을 볼 수 있다. 도 27Xb는 작은 비행 시간 보상 인자(416a, 416b)를 이용함으로써 촛점이 원하는 가공면 위에 위치되게 하고 또 충돌된 비말들(412a, 412b)의 간격이 도 27Xa에 비해서 더 좁아지는 결과를 가져오는 상황을 나타낸 것이다. 비행 보상이 더 컸었다면, 충돌된 비말(412a, 412b)의 오버랩, 즉 중첩으로 인해 Z형성이 증가할 것이다. 도 27Xc는 이용된 비행 시간 보상 인자들이 충돌된 비말들9412a, 412b)의 가장 정확한 배치를 가져오는 상황(충돌된 비말(412a)의 두께는 비말 거리(418)에 비해 작고 입사각은 지나치게 크지 않다고 가정)을 나타낸 것이다. 만일 최적 비행 시간 보상이 최대 Z 축적에 바탕을 두고 있다면, 도 27Xc는 최적 상황을 나타내는 것이다. 도 27Xd는 비행 시간 보상 인자들(416a, 416b)이 도 27Xc에서 사용된 것들 보다는 약간 작으나 여전히 비말 모두의 중첩에 지초한 Z축적을 가져오는 상황을 도시한 것이다. 비말들의 X방향 배치는 여전히 합당하게 정확하며, 분배의 촛점(414)은 원하는 가공면(및 실제 가공면)보다 다소 아래에 있다. 도 27Xe는 Z축적이 최소량으로 감소되게끔 훨씬 큰 비행 시간 보상 인자들이 이용되고, 촛점이 원하는 가공면보다 훨씬 아래에 있는 상황을 도시한 것이다.

비행 시간에 미치는 견인력과 중력을 무시하면, 비행 시간 보상값(시간)은 오리피스를 가공면으로부터 분리시키는 거리(길이)를 비말을 분배하는 하향 속도(길이/시간)로 나눈 것과 같을 것이다. 그러나 견인력은 중요한 인자인 것으로 생각된다. 예컨대, 일부 바람직한 실시예에서는 프린트 헤드 주사 속도는 초당 대략 13 인치이고, 오리피스 판으로부터 가공면까지의 거리는 대략 0.020 인치이고, 초기 수직 분사 속도는 초당 200 내지 360 인치 정도인 것으로 생각된다. 이와 같은 초기 조건 하에서 견인력 또는 기타 다른 마찰력을 무시하면, 분사 위치와 낙하 위치 간에는 대략 0.8 내지 1.3 ㎜ 정도의 시프트가 예상된다. 그러나, 이와 같은 조건 하에서는 실제로는 분사 위치와 낙하 위치 간의 주 방향에서의 주사 방향은 대략 2 ㎜인 것으로 관측된다.

적당한 보정값은 양방향에서의 주사 때에 단일 X위치에서 비말 피착을 시도하고 2개의 비말이 동일한 지점에 착륙할 때까지 서로 다른 보상값을 가지고 실험을 반복함으로써 실험적으로 쉽게 결정될 수 있다. 상술한 바와 같이, 일부 바람직한 실시예들에서는 가장 적당한 비행 시간 보상값은 비말들이 동일 위치를 치는 값이다. 상기 예에서 견인력을 무시하면, 대략 60 내지 100 μS의 비행 시간 보상 인자가 예상될 것이다. 실제로는 대략 150 내지 200 μS의 보상 인자가 더 적당한 것으로 알려져 있다.

다른 바람직한 실시예들에서, 최적 비행 시간 보상 인자는 가장 정확한 타켓팅을 산출하는 값으로 설정되지 않고(즉, 촛점이 가공면에 있지 않고), 그 대신에 실제 가공면 아래의 어떤 거리에서 가장 정확한 타겟팅을 산출하는 값으로 설정된다(즉, 촛점은 가공면 아래에 위치함). 이들 실시예들을 '면 이탈 타겟팅'이라고 부를 수 있다. 이 문맥에서 가장 정확한 타겟팅은 수직 축적비가 가장 클 때 그리고 아마도 X위치가 가장 정확하게 충돌될 때에 일어나는 것으로 생각된다. 도 27Xd는 이들 면 이탈 타겟팅 실시예에 대한 타겟팅의 일례를 도시한 것이다. 이들 면 이탈 타겟팅 실시예는 원하는 가공면과 실제 가공면을 동일 레벨로 유지시키기 위한 추가적인 성분을 이용하지 않고(예컨대, 평면화기없이 또는 표면 레벨 검출 장치와 조정 기구나 방식과 같은 추가적인 요소없이)형성 작업을 하고자 할 때에 특히 유용한 것

으로 생각된다.
이들 면 이탈 타겟팅 실시예의 특징은 Z축적이 자기(self) 보상 또는 자기 보상된다는 것이다. 연속한 층들의 피착들 간의 Z증가가 적절한 범위 내에 있고 피착 패턴이 수직 축적 대신에 분배된 재료의 수평 확산을 허용하기만 하면, 한 개 층 상의 잉여 Z축적은 하나 또는 그 이상의 다음 층들 상에서 Z축적의 감소를 일으키고, 이와 같은 감소에 의해서 총축적이 촛점을 실제 가공면보다 약간 아래에 유지되게 한다. 반면에 다시 연속한 층들의 피착들 간의 Z증가가 적절한 범위 내에 있고 피착 패턴이 수직 축적 대신에 분배된 재료의 수평 확산을 허용하기만 하면, 한개 층 상의 너무 적은 Z축적은 하나 또는 그 이상의 다음 층들 상에서 Z축적의 증가를 일으키고, 이와 같은 증가에 의해서 총축적이 촛점을 실제 가공면보다 약간 아래에 유지되게 한다. 바람직한 Z증가 범위는 후에 더 자세히 설명한다.
이 자기 보상 특성은 도 27Xc, 27Xd, 및 27Xe를 검토 비교해 보면 이해될 것 이다. (예컨대, 플랫폼에서) 피착이 시작되면, 비행 시간 보상 인자(들)는 도 27Xd에 도시된 바와 같이 촛점이 실제 가공면보다 약간 아래에 있도록(즉, 촛점이 도 27Xc 및 27Xe에 도시된 상황이 생기지 않게끔 적당한 위치에 설정되어야 함) 선택된다. 만일 제1 층을 형성할 때에 이용되는 주어진 Z증가에 대해서 너무 적은 재료가 피착된다면, 실제 표면은 위치가 재설정된 촛점면에 비해 더 낮을 것이다(그러나 이 실제 표면은 Z증가가 너무 크지만 않다면 여전히 그 촛점면 위에 있을 것이다). 이에 따라서 다음 층 형성시 피착 촛점이 더욱 더 잘 맞추어 져 도 27Xc에 도시된 바와 같이 피착 두께가 증가된다. 만일 제2 층의 피착으로 인한 총 Z축적이 (행해진 두번의 Z증가에 비해) 여전히 너무 작다면, 다음 층 피착시에는 실제 표면의 최적 촛점면은 원래 표면의 최적 촛점면에 더욱 가깝게 될 것이다. 이와 같이 최적 촛점면에 더 가까이 되면 Z축적이 증가되어 총 축적된 두께를 Z증가에 의해 요구되는 쪽으로 다시 변화시킬 것이다. 반면에, 제2 층의 피착으로부터의 총 축적이 두번의 Z증가에 의한 것보다 더 큰 경우에는 실제 가공면은 촛점면으로부터 더 멀어질 것이며, 다음 층 형성시에 Z축적이 더 적어져서 총 축적을 Z증가에 의해 요구되는 량쪽으로 변화시킬 것이다. 이것은 도 27Xe에 도시된 상황이다.
촛점면이 실제 가공면 아래에 적당하게 있고, z증가량이 피착 속도와 대략 일치하도록 적당히 선택되고, 그리고 물체/지지부가 비고형(non-solid) 방식으로(모든 픽셀 위치들이 직접 피착되지는 않음) 형성되면, 시스템은 안정화되고, 지지부와 물체 모두가 평면화기가 필요없이 정확한 수직 칫수를 갖고서 형성될 수 있다. 물론 원한다면 평면화기를 여전히 사용할 수 있다. 이들 실시예들의 최적 동 작을 위해서는 Z증가가 최적 타겟팅(도 27Xc) 중의 층당 평균 축적량과 중첩이 없을 시(도 27Xe)의 평균 축적량 사이에 있도록 선택되어야 하는 것이 바람직하다. 또한, 층 두께는 최적 촛점면(예컨대, 도 27Xc)을 중첩이 더 이상 일어나지 않는 면(예컨대, 도 27Xd)으로부터 분리시키는 거리보다 크게 작게 되는 것이 바람직하다.
상술한 바와 같이, 이들 실시예들 중 일부에서는, 물체는 재료에 대한 영역을 허용하여, 타겟팅 최적화에 기초하여, 수직적으로 축적시키는 대신에 수평적으로 확산시키는 방식으로 형성될 수 있어, Z축적의 자기 보상이 가능하게 된다. 한가지 그와 같은 실시예는 물체를 고형층과 체커 보드층이 서로 교대하는 조합으로 형성하는 것을 포함한다. 다른 그와 같은 실시예는 고형 외향 대향면과 체커보드, 오프셋 체커보드, 또는 기타 다른 내부 물체 영역 내의 개방 구조의 형성을 포함한다. 다른 적절한 형성 패턴은 테스트 부분을 형성 및 분석함으로써 실험적으로 결정될 수 있다.
이들 오프셋 표면 타겟팅 실시예의 일부에서는, 대부분의 바람직한 초기 타겟 표면/촛점 위치는 도 27Xc 및 27Xe에 도시된 상황의 대략 중간에 있는 것으로 선택된다. 이것을 달성하는 한 가지 방법은 가상적인 촛점들을 무시하고 대신에 비행 시간값에 촛점을 맞추는 것이다. 비행 시간 보상값은 (상술한 바와 같이) 최적 비행 시간 보상값보다 더 크도록 그리고 바로 인접해 있으나 오버랩핑되지 않은(즉, 비중첩된) 충돌 존을 산출하는 비행 시간 보상값보다는 작도록 선택될 수 있다. 가장 바람직하게는 선택된 비행 시간값은 대략 이들 두개의 극한의 평균이 될 것이다.
일부 오프셋 표면 타겟팅 실시예는 물체 및/또는 지지부의 서로 다른 부분을 동시에 형성하는데 이용되어, 어떤 주어진 층의 형성 후에 그들의 상단 표면이 의도적으로 서로 다른 높이에 있도록 할 수 있다. 이들 서로 다른 높이 실시예는 SMLC 기술과 마찬가지로 데이타 조작 기술의 활용면에서 이점이 있다. 이 데이타 조작 기술은 앞서 참조된 미국 특허 출원 제08/428,951호에서는 물론앞서 참조된 다른 미국 특허 출원들에서도 설명되어 있다.
상술한 비행 시간 문제이외에도, 변형된 비행 시간 보상 인자들을 이용하여 보상될 수 있는 다른 문제들도 생긴다. 예컨대, 더 많은 형성을 위해서 ID 오버프린팅 기술을 이용하면, 반대 방향에서 주사된 주사 라인 상의 형상들은 라인에 따라 신장 방향이 다를 것이기 때문에 정렬이 되지 않을 것이다. 이 상황은 도 17Xa와 도 17Xb에 도시되어 있다. 도 17Xa는 방향(64, 104)에서 횡단하는 주사 라인에 각각 속하는 2개의 지점(60, 100)을 도시한 것이다. 영역(62, 102)은 각각 지점(60, 100)에 관련된 피착된 재료의 확장을 도시한 것이다. 도 17Xb는 4번의 오버프린팅(즉, 픽셀당 4번의 비말 피착)을 이용하여 제트 분사가 생기는 동일 지점(60, 100)을 도시한 것이다. 피착의 정도는 각각 도면 부호 76과 106으로 나타나 있다. 도시된 바와 같이, 오버프린팅 방향이 서로 달라서, 2개 라인 상의 물리적 형상들 간에 정렬이 되지 않는다. 이 비정렬은 서로 다른 주사 라인 상의 형상들의 재정렬을 위해서 실험적으로 또는 이론적으로도 결정될 수 있는 추가적인 비행 시간 보상 인자에 의해서 보상될 수 있다. 물론 이런 형태의 보상은 주사 라인을 따른 물체 형상에 더해진 여분의 길이를 설명하지는 못한다.
이런 문제들을 극복할 수 있는 것으로서, 어떤 주어진 픽셀이 재료 피착을 필요로 하는 인접 픽셀에 의해 주사 방향에서 그 먼 쪽에 한정되어 있지 않다는 인식을 포함하는 다른 형태의 보상이 제안된다. 이 인식에 바탕을 두고서, 그와 같은 비한정적인 픽셀에는 오버프린팅이 이용되지 않는다. 다른 대안으로서, 광 기반 스테레오리소그래피에서 이용된 라인 폭 보상과 유사한 비말 폭 보상 형태를 이용하여 잉여 라인 길이를 보상할 수가 있으며, 또 앞서 참조된 미국 특허 출원 제08/475,730호와 제08/480,670호에 기재되어 있는 바와 같이, 피착으로부터 비피착으로의 전이를 나타내는 각 주사 라인을 따른 지점들에만 적용될 수 있다. 적당한 보정으로서, 이들 '단말 지점들'은 바로 인접한 픽셀의 ID 오버프린팅의 이용에 의해 완전히 커버될 1/2 범위에 있을 것이므로 피착 패턴으로부터 간단히 삭제될 수 있다. 다른 변형으로는 서브픽셀 피착을 구현하기 위하여 시프트된 비행 시간 보상 데이타를 이용하는 것이 있다.

비행 시간 보상 인자는 또한 상술한 것들과는 다소 반대되는 목적을 위하여 변형되어 이용될 수도 있다. 이들 실시예에서, 비행 시간 보상 인자는 향상 형성 기술의 구현을 위하여 중간 픽셀(즉, 서브픽셀) 위치에서 재료를 피착하는데 이용될 수 있다. 이들 향상된 형성 기술은 하면 대향 표면의 형성, 지지부의 형성과 배치, 재료의 향상된 수직 형성, 향상된 해상도 등을 포함할 수 있다. 바람직한 실시예들에서, 향상된 물체 형성은 단일 통과 또는 다중 통과 구현에서 달성될 수 있다.

비말 폭 보상

어떤 상황에서는 비말 폭 보상(즉, 피착 폭 보상)을 수행함으로써 물체 데이타를 변경하는 것이 바람직할 수 있다. 만일 비말 폭이 적어도 픽셀 폭 및/또는 길이보다 약간 더 크다면, 정확도를 향상시키기 위해서 (하나 또는 그 이상의 전 픽셀 폭의 고형쪽으로의 오프셋팅에 의한) 보상을 이용할 수 있다. 이 기술은 상술한 실시예들 중 어느 것과도 또는 후술할 실시예들 중 어느 것과도 조합하여 사용될 수 있다. 비말 폭이 픽셀 폭의 두배에 접근하거나 이를 초과함에 따라서 단일 또는 다수의 픽셀 오프셋에 의해서 정확도가 더 향상될 수 있다. 비말 폭 보상은 미국 특허 출원 제08/475,730호와 제08/480,760호에 기재된 것과 동일한 기술에 바탕을 둘 수 있다. 대안적으로, 이 기술들은 픽셀 방식 부식 루틴을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 픽셀 방식 부식은 비트맵을 통하는 다수의 통과를 포함할 수 있으며, 일정 기준을 충족하는 '고형' 픽셀은 '동공' 픽셀로 변환될 수가 있다.

일부 실시예에서는 비트맵의 각 에지에 대해서 다음과 같은 단계가 수행된다. 1) 비트맵을 통하는 제1 통과에서 '동공' 픽셀에 의해 우측에 한정되어 있는 모든 '고형' 픽셀은 '동공' 픽셀로 변환된다. 2) 제2 통과에서 '동공' 픽셀에 의해 좌측에 한정되어 있는 모든 '고형' 픽셀은 '동공' 픽셀로 변환된다. 3) 제3 통과에서 '동공' 픽셀에 의해 상측에 한정되어 있는 모든 '고형' 픽셀은 '동공' 픽셀로 변환된다. 4) 제4 통과에서 '동공' 픽셀에 의해 하측에 한정되어 있는 모든 '고형' 픽셀은 '동공' 픽셀로 변환된다. 다른 실시예들은 단계 (1) 내지 (4)의 순서를 변경할 수 있다. 하나 이상의 픽셀 부식이 필요한 경우에는 정확한 감소량이 달성될 때까지 단계 (1) 내지 (4)를 여러번 반복할 수 있다. 이들 실시예들은 합당한 비말 폭 보상을 수행할 수 있다. 그러나, 이들은 (X축 또는 Y축에 나란하지 않은 물체 코너 또는 물체 에지 든 간에) 고형 코너 영역에 있는 픽셀들이 X축 또는 Y축에 나란한 경계 영역을 나타내는 픽셀보다 더 빠른 비율로 제거된다는 단점이 있다.

부식 속도에 있어 이들 차이를 해소하려는 다른 실시예들은 다음과 같은 단계들을 포함할 수 있다. 1) 비트맵을 통하는 제1 통과에서 '동공' 픽셀에 의해 우측에 그리고 '고형' 픽셀에 의해 다른 모든 측에 한정되어 있는 모든 '고형' 픽셀은 '동공' 픽셀로 변환된다. 2) 제2 통과에서 '동공' 픽셀에 의해 좌측에 그리고 '고형' 픽셀에 의해 다른 모든 측에 한정되어 있는 모든 '고형' 픽셀은 '동공' 픽셀로 변환된다. 3) 제3 통과에서 '동공' 픽셀에 의해 적어도 상측에 한정되어 있는 모든 '고형' 픽셀은 '동공' 픽셀로 변환된다. 4) 제4 통과에서 '동공' 픽셀에 의해 적어도 하측에 한정되어 있는 모든 '고형' 픽셀은 '동공' 픽셀로 변환된다. 다른 실시예들은 단계 (1) 내지 (4)의 순서 또는 변환 조건을 변경할 수 있다. 하나 이상의 픽셀 부식이 필요한 경우에는 정확한 감소량이 달성될 때까지 단계 (1) 내지 (4)를 여러번 반복할 수 있다. 이들 실시예들은 코너 영역에서의 과잉 감소를 최소화 동작을 더 잘 수행할 수 있다.

다른 실시예들은 픽셀의 2, 3, 또는 4개 측면 모두가 '동공' 픽셀에 의해 한정되는 지에 따라서 부식 조건을 설정하는 것을 포함한다. 다른 실시예는 비트맵을 통과한 횟수에 따라서 부식 조건을 변화시킬 수 있다. 다른 실시예는 부식의 조합과 원래 단면과의 부울 대수 비교 또는 다른 부분적으로 보상된 비트맵을 이용하여 노출될 픽셀의 최종 비트맵 표현을 도출해 낼 수 있다. 특정 물체 형상의 감소 또는 유지를 강조하면서 픽셀을 부식시키기 위한 많은 다른 실시예와 알고리즘은 본 기술 분야의 통상의 전문가에게 자명할 것이다.

X픽셀과 Y픽셀 치수가 크게 차이나는 상황에서는 비말 폭 보상은 양축 대신에 하나의 축만을 따라 필요할 수도 있다. 이 상황에서는 상술한 실시예들과 유사한 실시예들로서 부식에 대해서 상기 단계들 중 일부 만이 수행되는 실시예들이 이용될 수 있다. X 및 Y축 치수 중 하나 또는 양쪽 모두에서의 서브픽셀 오프셋 량을 이용하여 피착 폭 보상 방식을 활용할 수도 있다고 기대된다.

랜덤화

랜덤화로 알려져 있는 기술(방법 및 장치)을 형성 공정에서 이용할 수 있다. 이 기술은 상술한 실시예들 중 어느 것 또는 후술할 실시예들 중 어느 것과 조합하여 이용될 수 있다. 이 기술에 따라서, 2개의 연속한 단면에 대한 각 위치에서의 재료 분배 방식이 변화된다. 이에 따라서 층(즉, 층)에 걸친 재료의 형성을 더 균일하게 하여 잠재적으로 더 두꺼운 층을 이용할 수 있어 형성 시간을 개선할 수 있다. 이 기술은 또한 적절히 분사되지 않을 수도 있는 단일 제트 또는 다수의 제트로부터의 영향을 최소화한다. 피착의 변화는 몇가지 방식으로 일어날 수 있다. 예컨대, 다음에 의해서 변화가 일어날 수 있다. 1) 바로 앞층의 대응 부분에 재료를 피착했던 제트에 상대적인 층의 소정 부분에 재료를 피착하는 제트를 변화시키는 것; 2) 층의 다른 임의 부분에 상대적인 층의 소정 부분으로의 분배의 시간적 공간적 순서를 변화시키는 것; 그리고 3) 주 주사 배향 또는 방향을 변화시키는 것 및/또는 부 주사 배향 또는 방향을 변화시키는 것과 같이, 이들을 조합한 것. 층마다 피착이 달라지는 것은 완전히 랜덤하게 또는 주기적이거나 계획적으로 일어날 수 있다. 비록 목적은 완전히 다르지만 비슷한 기술을 광 기반 스테레오리소그래피에서 이용할 수 있다(앞서 참조된 미국 특허 제08/473,834호 참조).

이제, 피착을 변화시키는데 대한 특정 실시예에 대해서 설명한다. 여기서 설명된 바람직한 랜덤화 기술은 주 및 부 주사 방향의 배향을 유지하지만 서로 다른 디스펜서(예컨대, 제트)를 이용하여 2개 층 간의 대응 주사 라인을 따라서 재료를 피착시킨다. 즉, 제1 층 상의 특정의 주 주사 라인을 주사하는데는 제1 디스펜서를 이용하고, 다음 층(제1 층 상의 특정 주사 라인 바로 위의 층) 상의 특정 주 주사 라인을 주사하는데는 제2 디스펜서가 이용될 수 있다. 일부 바람직한 실시예에서 특정 주사선은, 96 개 층들이 피착되고 96 개 각각의 제트가 특정 주사선 상에 피착시킬 때 까지 서로 다른 제트를 사용하여, 층별로 노출되며(즉 피착되며), 이러한 공정은 반복된다. 이러한 실시예들은 '풀 헤드' 랜덤화의 예들이다. 기타 바람직한 실시예에서는, '하프 헤드' 랜덤화가 선호된다. 하프 헤드 랜덤화는, 물체 구조에 의존

하는 임의의 횡단면으로 반드시 고쳐 만들어져야 하는, 통과의 수를 감소시킬 수 있다. 본 바람직한 96 개 제트 헤드로 짓는다는 것을 근거로 하여, 하프 헤드 랜덤화는, 각각의 제트 1에서 48 또는 제트 49에서 96 사이에서 발생하는 랜덤화된 분배로서, 임의의 주어진 위치에 대한 주사를 포함한다.

풀 헤드 랜덤화 실시예를 보다 상세히 설명하기 위해서는, 도 4Xa와 도 6X이 참조된다. 특정 층에 대해서, 오리피스10(1)이 주사선 R(1)-R(8)을 추적하기 위해서 사용되고; 오리피스10(2)는 선 R(9)-R(16); 오리피스10(3)는 선 R(17)-R(25); 오리피스10(4)는 선 R(26)-R(33) 등에 사용되어도 무방하다. 그러나, 다음 층 상에서는 이러한 할당은, 주어진 오리피스들이 상술한 다음 층상의 동일한 주사선을 추적하지 못하기 때문에 변경된다. 예로서, 잇따르는 새로운 할당은, 오리피스10(1)는 선 R(257)-R(264); 오리피스10(2)는 선 R(265)-R(272); 오리피스10(3)는 선 R(273)-R(280 등, 으로 만들어져도 무방하다.

다른 실시예는, 제일 그리고 제이 주사 배향이 이전의 배향과 달리 변경되도록 하기위해 두 개 층에 대한 피착간에 일정한 양(예를 들면, 30 ° , 60 ° , 또는 90 °)만큼 형성된 물체 및/또는 프리트 헤드를 상대적으로 회전시키는 것을 포함할 수도 있다. 이것은, 다른 제트에 의해 이전 층상에 피착되는 물질에서 주로 발생하는, 현재 층(달리, 층)에 임의의 제트로 부터 물질을 피착하는 결과를 초래한다. 이것은 도 8X에 도시되어 있으며, 상술한 주사선은 선 R_1(1), R_1(2), R_1(3), R_1(3), ..., R_1(N-3), R_1(N-2), R_1(N-1), R_1(N)으로 도시된 제일 층과 결합하며, 주사선은, 제일 층의 주사선에 대해 90 ° 만큼 회전된, 선 R_2(1), R_2(2), R_2(3), R_2(4), ..., R_2(N-3), R_2(N-2), R_2(N-1), R_2(N)으로 도시된 다음 층과 결합한다. 회전양은 다음 층들간에 변하거나 또는 일정한 양이 될 수도 있다. 각은, 회전이 상당히 많은 층들에 대해 계속되는 경우에, 동일한 제트가 이전 층상에서 피착이 발생하는 동일한 주사선에 대해 물질을 피착하게되는 것처럼,, 선택되어도 무방하다. 대안으로서, 이러한 각은 산 재 피착을 주사하기 위한 동일 쳇이 발생하지 않도록 선택될 수도 있다.

부가적인 실시예는 한 개의 주사선에서 다른 주사선(제이 주사 방향으로)으로 진행되는 순서를 가변시키는 것을 포함한다. 이러한 내용은 도 9X에 도시되어 있으며, 제일 층에 대해서 제일 주사선 상의 물질 피착 순서는 최고 상부의 주사선 R_3(1)에서 시작하며 주사선 R_3(2), R_3(3), ..., R_3(N-2), R_3(N-1), 및 최고 하부의 주사선 R_3(N)으로 진행된다. 이러한 주사선의 진행 순서는 화살표(R_{3P})로서 도시되어 있다. 다음 층에 대한 주사선 상의 물질 피착은 최고 하부의 주사선 R_4(1)에서 시작하며 주사선 R_4(2), R_4(3), ..., R_4(N-2), R_4(N-1), 및 최고 상부의 주사선 R_4(N)으로 진행된다. 이러한 다음 층상에 대한 주사선의 진행 순서는 제일 층상의 주사선의 순서와는 반대 방향이며, 화살표(R_{4P})로 도시되어 있다.

부가적인 실시예는 도 10Xa 와 도 10Xb에 도시되어 있으며, 대응되는 주사선을 따르는 주사 방향은 다음의 두 개 층 사이에서 반대된다. 도 10Xa는 제일 층상의 주사선에 대한 주사 방향을 도시하고 있고, 주사선 R_5(1) 과 R_5(3)는 왼쪽에서 오른쪽으로 주사되며 주사선 R_5(2)는 오른쪽에서 왼쪽으로 주사된다.

상술한 기술의 조합을 포함하는 기타 많은 랜덤화 패턴들이 가능하다. 선택되어진 랜덤화 기술에 의존하는 랜덤화 공정은, 추가적인 제일 주사 통과를 수행해야할 필요를 초래할 수 있기 때문에, 층 피착 시간의 전반적인 증가를 초래할 수 있다. 그러나, 이렇게 발생가능한 단점은 균일한 층 형성을 증대시킴으로써 과중될 수 있다고 믿어진다. 부가적으로, 높아진 분배 온도(물질을 유동 가능하게 만들기 위해 사용되는)를 사용할 때에 열제거는 중요한 문제이기 때문에, 이러한 여분의 통과들은 부가적인 냉각이 다음 층의 분배 이전에 발생되도록 허용 하는데 효과적으로 사용될 수 있다.

<u>낙하 위치 오프셋팅:</u>

상술한 바와 같이, 일부 조형 기술은 오프셋 주사선의 사용 및/또는 주사선을 따르는 낙하 위치의 오프셋팅을 통해서 증대될 수 있다. 비록 연속되는 층들 상의 대응 선과 낙하 위치가 서로 서로 오프셋 되더라도, 이러한 오프셋팅 기술은 상술한 랜덤화 기술과 조합하여 사용될 수 있다. 또한, 이러한 기술은 상기 또는 하기에서 공개된 기타 실시예와 조합하여 사용될 수도 있다. 일부 바람직한 실시에에서, 이러한 오프셋팅은 1/2 선 간격 또는 비말 간격까지 가능하다. 오프셋 픽셀화의 한 가지 사용은, 인접한 지지 구성 요소들간에 공백을 메우는 것을 도와주기 위해, 횡단면에서 하향 부분에 물질을 피착하는 것을 포함할 수 있다. 사실, 이러한 하향 영역은 다수의 통과 내에 저장될 수 있으며, 연속적인 통과들 사이에서 연속적인 또는 교번하는 오프셋은 지지 구성 요소들 사이의 넓은 공백을 메우기 위해 사용되어 진다. 이러한 실시예들에서, 횡단면의 하향 영역이 아닌 임의의 부분은 하나 또는 그 이상의 피과 오프셋 또는 넌오프셋을 사용하여 노출되고 임의의 햐향 영역의 피착은, 픽셀 존이 부분적으로 오버랩 된, 다중 피착(또는 노출)에 의해 발생되기도 한다. 바람직한 실시예에서, 피착의 전체적인 두께는 적절한 수준 의 평탄화에 의한 트리밍에 의해 균일하게 만들어 질 수 있다.

일부 실시예에서, 픽셀의 오프셋팅과 그 결과 낙하 위치는 아치 모양의 지지, 다리, 또는 분기 지지(예를 들면, 나무의 큰 가지와 같은)의 형성을 증대하기 위한지지 구조물 형성 동안 발생할 수도 있다. 일부 실시예에서, 픽셀의 오프셋팅은, 제한된 양이 물체 층에 앞서서 바로 접하는 경계를 초과하도록 내미는 물체 단면의 조형을 증대시키기 위한, 물체 형성동안 발생할 수도 있다. 지지 부분과 물체 부분을 내미는 것은 이러한 구조의 형성을 도와주는 데 유용할 수 있으며, 이러한 구조는 층 아래로 분배될 층 레벨 아래로 보다 적은 물질을 떨어 뜨리는 구조이다.

실시예들이 모든 층의 픽셀 오프셋팅을 포함할 수 있거나 또는 대안으로서 단지 주기적인 층의 픽셀 오프셋팅을 포함할 수도 있다. 이러한 바로 전의 대안에서는, 물질이 많은 층에 대한 동일한 픽셀 위치를 따라서 피착된다. 이러한 대안에 따라, 오버행 영역의 안정성은, 뒤의 오버행을 형성하기 위한 시도에 앞서서 초기 오버행에서, 다중 층들을 형성함으로써 보다 잘 발생될 수도 있다.

분기 지지 또는 물체 구조의 외부를 줄이는 것을 조형하기 위한, 예를 들면 픽셀의 오프셋팅은 결과적으로 빈 공간에 대해 분기하는 구조를 형성하게 된다. 이러한 분기의 한계은 층별로 작은 비말 폭보다 작게 제한된다. 각 층이 그것의 바로 앞서는 층의 경계를 초과 하는지 또는 다수 층이 서로 서로 주기적인 확장이 뒤따르도록 조형되어 바로 앞서는

층의 경계를 초과하는지, 둘 중의 하나는 많은 층에 대한 평균적인 확장에 근거하여 확장 각을 정의할 수 있다. 부분적으로, 확 장의 최대 각은 이웃하고 확장된 부분내에 있는 물질이 고체가 되는 비율에 의존하고, 차례로 이웃하고 확장된 부분내에 분배된 물질의 양에 의존한다. 층들은 임의의 각으로 조형될 수 있으며, 물질은 충분히 빨리 고체화 되어 물질의 다음 층을 지지할 수 있게 된다. 일부 바람직한 실시예에서, 거의 30 ° 에 가까운 확장 각이 달성된다. 45 ° 에 가까운 또는 초과하는 확장 각은 가능하다고 믿어진다.

물질의 냉각율에 따라, 오버행하는 고체 물체 부분의 형성은 다수의 통과 내에서 달성된다. 한가지 바람직한 실시예에서는, 확장 영역은 하나 또는 그 이상의 통과 상에서 피착되고 완전히 지지된 영역은 하나 또는 그 이상의 다음 통과에서 노출된다. 이러한 실시예는, 내부 영역에서 분배된 물질로 부터의 열 흡수와 관련된 부가적인 지연없이, 확장 영역내에서 물질이 냉각 되어 고체화 되도록 한다. 다른 바람직한 실시예에서, 층의 내부는 초기에 노출되고 확장 영역은 하나 또는 그 이상의 다음 통과에서 노출된다. 이러한 실시예는, 내부 부분상의 물질이 확장 영역을 분배하기 얼마간 앞서서 냉각되기 위한 시간을 허용하여, 확장 물질이 지나치게 오랫 동안 유동적인 상태를 유지하게 되는 위험을 줄인다. 주어진 조형 파라미터들의 집합에 대해서, 사용 가능한 확장 각은 테스트 부분을 조형하고 시험함으로써 실험적으로 결정될 수 있다.

픽셀의 오프셋팅은, 규정된 순서와 오프셋 패턴 내에 주어진 기하학적 형상에 대략적으로 물질을 채우도록 하기 위해 층의 주어진 부분에 대해 다수 통과와 조합하여 사용되어도 무방하다. 예로서 오프셋팅은, 위치내에서 픽셀 이동의 일부분이 형상의 한 측면에서 떨어져 발생하는, 상기한 형상의 일측에서 발생할 수도 있고, 다른 오프셋은 동일한 일부분 이동이 상술한 형상의 반대측에 반대 방향에서 획득되도록 하기 위해 사용되어 진다.

오프셋 픽셀화에 대한 대안은, 데이터에 의해 자연적으로 제공되는 것 보다 작을 수도 있지만 여전히 고체 구조물의 형성 또는 다른 소정의 형상을 산출하는 소정의 비말 밀도를 산출하는 보다 높은 해상도 데이터와 관련된 조형 패턴 또는 스타일을 사용함으로서, 단순히 물체를 조형하는 것이다.

주사선 인터레이싱:

인터레이싱은 물체 형성을 증대시키는데 사용될 수 있는 또 다른 기술이다. 여기에서 개시된 모든 다른 실시예와 같이, 이번의 실시예는 여기에서 개시된 다른 실시예와 함께 결합될 수 있다. 앞서 논의된 바와 같이, 만약 헤드가 사브르 각으로 배향되지 않았다면, 제트들간의 간격은 소정의 해상도와 동일하지 않으며 제일 주사선 또는 주사선의 소정 간격과 동일하다. 상술한 예는 본래, 제일 주사선 인터레이싱의 형상은, 만약 모든 주사선을 따라 물질을 피착하기를 진정으로 바란다면, 반드시 사용되어 져야 한다. 그러나, 부가적인 인터레이싱은 많은 이유(예를 들면, 층 냉각 및/또는 물질 형성을 증대하기 위하여)때문에 행해질 수도 있다.

프린트 헤드가 사브르 각으로 배향되거나 또는 아니든지, 바람직한 래스터 주사 기술이 사용되거나 또는 아니든지, 벡터 주사 기술이 사용되거나 또는 아니든지, 일부 다른 주사 기술 또는 조합 기술이 사용되고 있는지 아닌지간에, 다양한 주사선 인터레이싱 패턴이 사용될 수 있다.

앞서 상술한 바와 같이, 하나의 바람직한 실시예에서 헤드는 제일 주사 방향 과 수직으로 배향하며 인치당 300 주사선의 해상도가 사용되어 진다. 이러한 배치에서 연속되는 제트는 인치별로 8/300으로 띄워져 있다. 헤드는 8개의 제일 주사를 수행하도록 만들어 지며, 폭의 두 번째 주사에 앞서는 첫 번째 7개는 주사선(래스터 폭)들 간의 간격과 동일하고, 폭의 두 번째 주사에 앞서는 여덟 번째는 래스터 폭에 유효 헤드 폭을 더한 것과 동일하다. 상술한 주사 패턴의 반복은, 두 번째 주사 방향으로 증가된 폭이 조형 영역의 폭과 동일하거나 또는 초과할 때 까지 만들어 진다.

대안으로서의 실시예들은 제일 주사의 X 범위를 물체에 의해, 주사되고 있는 특정 물체에 의해, 8개의 근접된 간격의 제일 주사를 만들기 위해 필요한 물체 길이의 각 세그먼트에 의해, 또는 주사 시간 동안에 줄어드는 다른 구성에 의해 요구되는 동작 영역을 효과적으로 커버할 수 있기에 충분한 정도로 제한할 수 있다. 유사하게, 두 번째 주사 축을 따르는 위치 지정은 물체, 주사되고 있는 횡단면, 주사되고 있는 특정 영역, 또는 그와 같은 것의 폭과 위치로 비슷하게 제한될 수 있다. 바람직한 실시예에서, 랜덤화를 사용하는 것은, 적절한 제트가 적절한 제일 주사선을 추적하도록 하기 위해 수행될 필요를 지시하는 양을 증가시킬 수 있다. 기타 실시예들은 실제상의 낙하 위치를 실제로 포함하는 통과에 제일 주사를 제한할 수도 있다.

첫 번째 바람직한 대안으로서 인터레이싱 기술에서 인접하지 않는 주사선은 적어도 첫 번째 통과 이후에 노출되지 않은 상태로 되기 때문에, 이후에 하나 또는 그 이상의 다음 통과에서 중간 선들이 노출되어 진다. 기타 바람직한 실시예에서, 중간 주사선들이, 인접 주사선 또는 양쪽 인접 선들 상에 물질을 피착한 후중에서 하나 상에 물질을 피착하기에 앞서서, 그려진다. 이러한 형태의 실시예의 예가 도 11Xa, 11Xb, 및 22Xa-22Xd에 도시되어 있다. 도 11Xa 와 11Xb는 모든 기타 선이 첫 번째 통과 상에서 생략되는 상황을 도시한다. 도 11Xa는 두 개의 선이 첫 번째 통과 상에 노출(사용되기 위한 낙하 위치)된 네 개의 주사선을 도시한다. 도 11Xb는 두 개의 다른 선이 두 번째 통과에서 노출(사용되기 위한 낙하 위치)된 동일한 네 개의 주사선을 도시한다. 인터레이싱 패턴의 추가적인 예는 도 22Xa-22Xd에 도시되어 있다. 이러한 숫자들에서, 두 개의 화살촉을 갖는 화살표(30)는 제일 주사 방향을 나타내고, 간격(d_r)은 연속되는 주사선들 사이의 간격을 나타내며, 그리고 뚜렷함을 위해 비록 실제로는 선들이 동일한 시작점과 중지점을 가지고 있지만 오프셋은 선들의 시작점과 중지점을 도시한다. 도 22Xa는제일 주사 방향으로 주사될 일련의 주사선들을 도시한다. 도 22Xb는, 도 11Xa와 11Xb의 예에 따라서, 첫 번째 통과에서 노출될 첫 번째 통과트 선(32)과 두 번째 통과에서 형성될 두 번째 주사선(34)를 도시한다. 도 22Xc는 첫 번째, 두 번째, 세 번째, 및 네 번째 통과에서 노출될 주사선(32, 34, 36, 및 38)을 각각 도시한다. 도 22Xd는 첫 번째, 두 번째, 세 번째, 네 번째, 다섯 번째, 및 여섯 번째 통과에서 노출될 주사선(32, 34, 36, 38, 40, 및 42)을 각각 도시한다. 도 22Xd의 예에서, 기타 주사선의 주사 순서는, 중간 선이 피착되었을 때 이것들이 어느 한 쪽에도 바운드 되지 않거나 또는 이전에 피착된 인접 주사선들의 양 쪽상에 바운드 되어 있다는 것을 여전히 보장하 는 동안에, 또한 사용될 수 있다. 예를 들면, 기타 유용한 주사 순서는 32, 34, 38, 36, 40, 및 42; 42, 32, 36, 34, 40, 38, 및 42; 또는 그와 비슷한 순서가 될 수도 있다.

하나의 바람직한 시스템에서, 최소의 통과 수를 사용하는 일반화된 방법으로 이러한 실시예를 완전히 구현하기 위해서는 홀 수의 주사선이 제트(예를 들면, 제1 제트)에 의해 주사되는 선과 인접한 제트(예를 들면, 제2 제트)에 의해 주사되는 선들 사이에서 존재할 필요가 있다. 달리 말하면, 연속된 제트들간의 간격 dr의 수가 짝수이어야만 하며, 이와 같이 하는 것은 두 개의 인접한 제트는 주사선 M과 M+N(M과 N은 정수이며 N은 짝수이다)을 주사하기 위하여 위치가 지정되어 져야만 하는 것을 필요로 한다. 이러한 제트들간의 간격이 적절하지 않는(예를 들면, 짝수가 아닌) 경우에는, 첫 번째 통과내에 단지 적절한 주사선(예를 들면, 기타 모든 제트와 연관된)을 주사하고, 이후에는 하나 또는 그 이상의 다음 통과에서 나머지 주사선을 노출하는 것은 항상 가능하다. 피착의 폭이 주사선 간격보다 상당히 넓을 수도 있기 때문에, 기타 바람직한 실시예는 첫 번째 통과에서 기타 모든 주사선을 생략하는 것에 근거를 두지 않고 대신에 피착된 물질의 선들이 서로 직접적으로 접촉되지 않는 첫 번째 통과에서 피착(달리, 노출)을 위한 주사선의 선택에 근거를 둘 수도 있으며, 그리고 하나 또는 그 이상의 다음 노출에서 임의의 생략된 주사선 내부를 채우는 것에 근거를 둘 수도 있다.

이러한 첫 번째 대안으로서 인터레이싱 기술은, 인접한 제트들이 소정의 주사선 해상도를 위해 부적절하게 위치가 지정되어 있을 때 조차(달리, 이러한 제트 위치와 주사선 해상도에서 주사선의 짝수 개가 제트들 중의 하나에 의해 주사되는 선과 인접한 제트에 의해 주사되는 선들 사이에 위치하는) 완전히 또는 근사하게 구현될 수 있다. 이것은 적어도 세가지 방법에서 달성되어 진다: 1) 각각의 제트는 나머지 주사선들이 노출되어 질 때 적어도 두 번째 통과까지 각각의 제트에 의해 주사되는 적어도 인접한 두 개의 주사선을 제외한 인접한 제트에 의해 초기에 형성된 선의 위치와 선의 초기 위치 사이에 다른 모든 주사선을 주사하는데 사용되어 진다; 2) 각각의 제트는 인접한 제트에 의해 주사된 첫 번째 선에 인접한 주사선을 또한 주사하고 이후에 나머지 노출되지 않은 선들이 두 번째 통과에서 선택적으로 노출될 때 까지 다른 모든 주사선을 주사 하는데 사용되어 진다; 그리고/또는 3) 단지 다른 모든 제트가 주사 공정에서 사용됨으로써, 주사선의 홀수 수가 임의의 두 개의 인접한 제트들 사이에 존재하는 것을 보장한다. 이전의 실시예 뿐만 아니라 이러한 실시예에서, 중간 선을 노출하는 두 번째 통과를 시작하기 전에 모든 층에 대한 대안적인 선을 노출하는 것이 바람직하다; 그러나 층의 기타 부분에 대해 심지어 첫 번째 통과를 만들기 전에 일부 제트의 시작점들 사이에 또는 모든 인접한 제트들 사이에서 모든 주사선의 노출을 완료하는 것은 가능하다.

무수한 기타 인터레이싱 실시예는 이러한 개시 내용을 학습하는, 기술 분야의 통상의 기술을 가진 사람에게는 자명할 것이다. 예를 들면, 보다 많은 수의 통과를 갖는 인터레이싱이 사용될 수 있으며, 첫 번째 통과에서 노출된 선들 사이에서 일부 접촉이 발생한다. 물론 이전에 기술된 랜덤화 기술과 결합한 인터레이싱이 또한 사용될 수 있다. 다음 층의 추가적인 노출은 다양한 선들을 주사하는 순서 및/또는 선 자체의 주사 방향을 변경(예를 들면, 첫 번째, 두 번째, 및 보다 높은 순서 집합의 주사 순서를 뒤집는)할 수도 있다. 추가적인 실시예는 하나 또는 그 이상의 다음 층을 형성하는 동안에 영역을 노출하면서 첫 번째 층의 인터레이싱 노출을 완성하는 것을 포함한다.

<u>낙하 위치 인터레이싱:</u>

주사선 인터레이싱으로서, 물체 형성은 개별적인 주사선을 따라서 낙하 위치 인터레이싱을 사용하여도 무방하다. 이러한 경우에, 각각의 주사선은 적어도 두 개의 통과에 의해 노출되며, 첫 번째 통과는 많은 낙하 위치를 노출하고 이후에, 하나 또는 그 이상의 다음 통과에서 나머지 낙하 위치는 노출된다. 두 단계(달리 통과) 예제에서, 두 번째 통과에서 중간 낙하 지점이 노출되는 반면에 첫 번째 통과에서 다른 모든 낙하 지점은 노출된다. 이러한 조건은 도 12Xa 와 도 12Xb에 도시되어 있다. 도 12Xa는, 다른 모든 낙하 위치는 첫 번째 통과에서 노출되는, 각각 9 개 낙하 위치를 갖는 4 개의 주사선을 도시하며, 반면에 도 12Xb는 동일한 선과 위치를 도시하지만 대신에 두 번째 통과에서 노출되는 단지 상보적인 낙하 위치를 도시한다. 세 단계 예에서, 첫 번째 통과는 첫 번째 지점에서 시작하는 모든 다섯 번째 지점을 노출하고, 이후에 두 번째 통과에서 모든 다섯 번째 지점은 세 번재 지점에서 시작하도록 노출되고 그리고 최종적으로 세 번째 통과에서 기타 지점은 두 번째 지점에서 시작하도록 노출된다.

여기에서 개시된 기타 모든 실시예로서, 이번의 실시예는 여기에서 개시된 기타 실시예들과 조합이 가능하다.

이러한 인터레이싱 기술에서, 연속하는 주사선은, 이차원 인터레이싱 패턴이 개발되기만 하면(오프셋 픽셀화 또는 사용될 수 있다), 다른 또는 이동된 인터레이싱 패턴을 사용하여 노출될 수도 있다. 예로서, 두 단계 인터레이싱 패턴은 각각의 주사선 상에 사용될 수도 있으며, 연속된 선들의 시작점은 체커보드 첫 번째 통과가 형성되는 한 개 픽셀에 의해 이동된다. 도 13Xa 와 13Xb는 이러한 예를 예시한다. 도 13Xa는 첫 번째 통과 체커보드 패턴을 도시하고 도 13Xb는 두 번째 통과에서 노출된 상보적인 체커보드 패턴을 도시한다.

주사선 인터레이싱 으로서, 비록 부분적으로 노출된 선들에 대해 다음의 통과를 착수하기 전에 모든 선들이 각 통과에서 노출되는 것이 바람직하겠지만, 낙하 위치 인터레이싱은 다음 선들을 노출하기 전에 단일 선에 대한 모든 통과를 완료하는 것이 가능하다. 더구나, 단일 선들의 일부분에 대한 모든 통과의 완료는, 이러한 선들의 나머지 부분에 대한 노출을 착수하기 전에, 달성 될 수도 있다.

세 번째 인터레이싱 기술은 특성 민감형 인터레이싱을 포함한다. 이러한 기술에서, 주어진 낙하 지점이 노출되는 순서는 단순히 중간 횡단면의 구조나 또는 다수 횡단면 구조에 의존한다. 특성 민감형 인터레이싱은 주사선 인터레이싱과 낙하 위치 인터레이싱 중에서 하나 또는 두 가지 모두를 포함할 수도 있다. 예로서 단일 층 실시예에서, 횡단면의 경계 영역은 판단되고 경계 구역이 첫 번째 통과에서 노출되는 것이 보장될 수도 있다. 횡단면 내부의 일부분은 또한 상술한 첫 번째 통과에서 노출되거나 또는 대안으로서 내부의 모든 부분의 노출이 하나 또는 그 이상의 다음 통과가 만들어 질 때까지 지연될 수도 있다. 예로서, 내부분은 첫 번 째 통과에서 노출되고 있는 모든 경계 영역과 조합하여 첫 번째 통과에서 체크보드 인터레이싱 패턴을 사용하여 노출될 수도 있다. 그런 다음, 나머지 내부분은 두 번째 통과에서 노출된다. 또한, 넓은 경계 폭이 첫 번째 통과에서 노출을 위해 결정되어 다음 통과를 수행하기 전에 하나의 낙하 지점 경계선 이상이 횡단면 주변에 배치되도록 하는 것도 가능하다. 이러한 넓은 경계 영역은, 작은 비말 폭 보상(Droplet Width Compensation)과 관련하여 상술된, 침식 루틴을 이용하여 구현되어도 무방하다. 부가적인 대안으로서,

주사선 경계 지점 또는 낙하 위치 경계 지점(경계들은 두 번째 주사 방향안의 선을 따른다)에서 단지 하나만이 상술한 첫 번째 통과에서 노출된다는 것을 보장 하는데 초점이 맞춰질 수 있다. 추가적인 대안으로서, 내부 영역은 경계영역 내에 물질을 분배하기 전에 전부 또는 일부가 노출될 수도 있다. 먼저 경계 영역을 분배하는 것은 수직 방향으로 채우는 것을 개선시키는 것으로 생각되며, 맨 나중에 경계 영역을 분배하는 것은 물체의 수평 방향에 대한 정확성을 개선시키는 것으로 생각 된다. 더 나은 대안은 경계 영역 주변을 초기에 분배하며, 다음으로 횡단면의 보다 깊은 내부 영역을 분배하고 최종적으로 본래의 횡단면 경계 외부를 분배하는 것을 포함한다.

다중-횡단면의 특성 민감형 인터레이싱 기술의 예는 현재 횡단면의 일부(그러나 이전 횡단면에서 경계 이거나 또는 고체 내부 물체 영역)를 구성하는 위치들을 초기에 노출하는 것을 포함할 수도 있다. 이전 횡단면에서 경계 이거나 또는 고체 내부 물체 영역은 물체 구조 뿐만 아니라 지지 구조물의 경계 영역과 고체 내부 영역을 포함할 수도 있다. 이러한 실시예를 사용할 때, 만약 하향 영역이 어떤 실물 그 자체(예를 들면, 열 바로 아래를 지지하는 것) 구조에 의해 실질적으로 지지되고 있지 않다면, 적어도 하향 물체 영역은 첫 번째 통과에서 발생하지 않는다. 하나 또는 그 이상의 다음 노출에서, 지지되지 않는 하향 특성을 형성하기 위해 물질이 분배된다. 이러한 분배 폭은 통상적으로 픽셀 폭 보다 크기 때문에, 작은 비말은 그러한 횡단면 상에 이전에 분배된 물질에 인접하는 픽셀 위치에서 지면으로 분사되고, 작은 비말은 떨어져서 의도된 횡단면 의 아래 쪽 방향으로 계속해서 떨어지는 것에 대항하는 상태로 피착되어 있는 물질의 이웃하는 곳에 점착한다. 더구나, 바람직한 실시예에서, 통상적으로 지지 구조물은 단지 하나의 픽셀로 격리된 것이기 때문에, 지지되지 않는 하향 영역의 노출이 발생했을 때, 분배된 물질은 이전 층상에 이미 분배된 물질들 사이에 고정되는 것에 대항하는 현재 층상에 이미 분배된 물질들 사이에 고정되는 경향이 있다. 그러나, 작은 비말 직경이 통상적으로 피착 직경(달리, 충돌된 작은 직경) 보다 작고 픽셀 폭 보다 작기 때문에, 픽셀 위치의 인접한 곳에 피착된 물질은 극소량의 충돌과 멈춤을 보장하기 위해서 낙하하는 작은 비말의 통과로 충분히 확장되지 못할 수도 있다.

다른 바람직한 실시예에서, 작은 비말이 완전히 정렬되어 피착된 것보다 이전에 분배된 물질에 의해 적어도 부분적으로 지지되는 것과 같이, 지지되지 않는 하향 영역과 바람직하게는 인접 영역에 분배할 때, 낙하 위치는 제일 또는 제이 주사 방향(바람직하게는 모두)을 따라 픽셀 폭(바람직하게는 거의 픽셀 폭의 1/2) 의 비율 만큼 이동된다. 바람직하게는, 부분적으로 지지되지 않는 영역에 대한 작은 비말이 완전히 지지되는 영역에 대해 분배된 것들과 떨어져서 다음 통과에서 분배 되어 진다. 그러나, 부분적으로 지지되지 않는 영역내의 작은 비말의 적당한 수직 배치를 보장할 때, 이전 횡단면(그리고 주어진 횡단면상에 이전에 분배된 물질에 대한 점착과 관련하여 어떤 부가적인 이득이 없으며)과 겹치는 것에 전적으로 의존할 수 있다. 이러한 실시예에서, 적어도 현재 층 상의지지 영역(예를 들면, 열)들은 이동되지 않는다. 이것은 층과 층 사이에 정합이 발생한다는 것을 보장한다. 더 바람직하게는, 넓은 갭은 횡단면에 대해 다중 통과를 사용하여 지지되는 갭의 측면으로부터 안쪽으로 피착 위치를 연속적으로 작동함으로써(달리, 다단계) 메워지며, 이러한 각각의 통과는 필요한 수직 레벨을 초과하도록 임의 물질 배치를 제한 하기 위해서 작은 비말의 충분한 중첩을 보장하는 바로 앞 통과로 부터는 부분적인 오프셋이다. 더구나 하나의 바람직한 실시예에서, 미국 특허 출원 번호(08/428,951)에 기술된 바와 같이, 동시 다중 층 큐어링 기술이 하나 또는 그 이상의 층들에 대해 중요한 하향면 데이터를 오프셋 하기 위해 사용 되어져, 하향면 층을 형성하는 피착 물질이 정확한 레벨에서 위치되도록 한다.

½ 픽셀 수평 오프셋과 1 층 두께 수직 오프셋을 사용하는 다단 수평 및 수직 오프셋 실시예의 일 예를 도 23Xa 23Xh에 도시한다. 도 23Xa는 형성될 물체(120)의 측면도를 도시한다. 도 23Xb는 물체(120)을 도시하며, 이것은 통상 층(122, 124, 126, 128 및 130)으로 나뉘어진다. 도 23Xc는 물체(120)을 도시하며, 이것은 층(122, 124, 126, 128' 및 130')으로 나뉘어진다. 층(128')은 층의 하향부가 제거되었다는 점에서 층(128)과는 상이한데, 이것은 일련의 연속 오프셋 노출을 사용하여 다음 층 위에 재료를 피착하는 동안 작성될 것으로 예상된다. 층 (130')은, 서로 다른 피착 패턴이 그 형성시 사용될 수 있다는 점을 제외하면 층(130)과 유사하다. 도 23Xd는 다시 층(122, 124, 126 및 128')을 도시하는데, 층(130')의 형성시 재료가 피착되는 피착 위치, 즉 픽셀 위치(132-137)를 추가로 도시한다. 도 23Xe는 낙하 위치(132-137)를 도시하는 대신 낙하 위치(140-146)를 도시하는 점을 제외하곤 도 23Xd와 유사하다. 낙하 위치들의 상대적인 위치들로부터 알 수 있는 바와 같이, 위치(132-137) 및 위치(140-146)은 서로 ½ 픽셀 폭 만큼 오프셋된다. 도 23Xf는 층(130') 형성시 프린트 헤드의 제1 통과로부터 형성된 피착 패턴을 도시한다. 비말들(150, 151, 152 및 153)은 낙하 위치(141, 145, 142 및 144)에 각각 피착된다. 비말(152, 153)은 층(128')에 의해 부분적으로만 서포트됨을 볼 수 있으며, 그 결과 비말들은 원래 층(128)에 속하는 영역내로 부분적으로 연장될 것(도시한 바와 같이)이라고 가정할 수 있다. 도 23Xg는 제2 통과에 피착된 부가적인 재료 뿐만 아니라 층(130') 형성시 제1 통과로부터의 피착 패턴을 도시한다. 영역(160, 162)은 제1 통과 상에 피착되며 영역(150, 152, 151 및 153)으로서 도 23Xf에 묘사된다. 제2 통과 상의 피착은 도 23Xd에 도시된 픽셀 배열에 따라 일어난다. 비말(155, 156)은 낙하 위치(132, 137)에 피착된다. 실제로, 비말 분배에 의해 영역(160, 162)의 일부에 재료가 과잉으로 제공되지만, 이러한 과잉의 재료는 평탄화 공정시 제거된다. 비말(157, 158)은 낙하 위치(134, 135)에 피착되지만 이러한 위치는 이전에 피착된 재료에 의해 아래부터 완전히 결속되지 않으므로, 분배된 재료의 일부가 원래 층(128)에 속하는 부분의 영역내로 하향 연장될 것이라고 사료된다. 비말(152, 153, 157 및 158)의 오프셋 분배는 층(128') 으로부터 제거된 층(128)의 하향부의 형성을 야기한다.

제3 및 최종 통과에서, 비말(164)은 낙하 위치(143) 상으로 피착되어 층(130')의 형성을 완료한다.

다른 바람직한 실시예에서는 상기 예에 대한 여러 특징을 변화시킬 수 있다. 예를 들면, (비말 또는 낙하 위치가 부분적으로만 서포트될 때 발생한다고 가정되는) 하층 영역내로 재료가 연장되면, 상술한 1 층 두께 연장 이외의 값을 얻을 수 있다. 연장량은 1 층 두께 보다 적을 수도 있고 또는 적어도 층 두께의 정수배와는 다를 수 있다. 아마 연장량은 층 두께의 정수배(예를 들어 2 내지 5 층 두께 이상)일 것이다. 이러한 경우, 가장 정확한 형성을 위하여, 미국 특허 출원 제08/428,951호에 개시된 바와 같이, (단면 데이터의 발생 전 또는 후에) 초기의 물체 표현을 수정된 표현으로 변형시켜, 재료가 수정된 표현에 따라 분배될 때, 하향 피쳐의 저부가 적당히 위치되게 하는 것이 바람직하다. 이 외에,

픽셀의 1/4(낙하 존의 3/4는 서포트되지 않음) 또는 픽셀의 3/4(낙하 위치의 1/4만이 지지되지 않음)과 같은 상이한 오프셋값에 따라 다중 통과에 피착되는 방식의 기하학적 구조를 사용할 수도 있다. 이러한 상이한 오프셋량은 이전의 층 영역내로의 연장량 이상의 제어를 이끌게 될 것이다. 그밖의 변형예들에서는, 피착 순서, 오버프린팅의 양 또는 비말 당 피착량을 서로 다르게 하여 사용할 수도 있다. 또 다른 변영예들에서는 오프셋 픽셀링(pixeling)을 사용하지 않고 그 대신 적당한 비말 밀도를 산출하는 피착 패턴과 함께 보다 높은 해상도의 픽셀을 사용할 수도 있다.

부가적인 인터레이싱(interlacing) 기술은 1) 피쳐 감도(feature sensitivity)와 2) 물체 피쳐를 노출시킬 때의 주사의 선택 방향을 포함한다. 본 실시예에서는, 현재 층으로부터의 단면 기하학(예를 들어 단면 경계 정보)와 바로 이전의 층으로부터의 단면 기하학(예를 들어 단면 경계 정보)를 사용하여 단면의 서로 다른 영역들을 노출시킬 때 어떤 주사 방향이어야 하는지를 결정한다. 예를 들어, 단면의 고체(solid) 영역의 가장 왼쪽부를 노출시키는 경우, 만일 비말이 아무런 작은 간극들도 브리징하지 않거나 혹은 부분적으로 브리징하지 않는 것을 원한다면, 헤드[즉 형성될 라인을 노출시키기 위해 사용된 제트(jet)]를 왼쪽에서 오른쪽으로 주사하는 것이 유리할 것이다. 한편, 만일 다소의 브리징이 발생하는 것을 원한다면, 주사가 반대 방향으로 이루어지게 하는 것이 유리할 것이다. 마찬가지로, 단면의 고체 영역의 가장 오른쪽부를 노출시키는 경우에는, 오른쪽에서 왼쪽으로(브리징하지 않는 경우) 또는 왼쪽에서 오른쪽으로(브리징하는 경우) 주사하는 것이 유리할 것이다. 경계 영역을 피착할 때의 주사 방향을 제어함으로써, 비말의 수평 모멘텀이 간극들을 브리징하도록 기여하지 않거나 혹은 간극의 브리징을 증진시키게 할 수 있다.

비 브리징 기술의 예를 도 24Xa-24Xd에 예시한다. 도 24Xa-Xd는 형성되어 XZ 평면으로 절단된 두 칼럼의 측면도를 도시한다. Z 방향은 단면의 평면에 수직이며 X 방향은 주 주사 방향이다. 참조 번호 108은 형성되는 단면을 나타내며 참조 번호 100, 102, 104 및 106은 이전에 형성된 단면을 나타낸다. 도 24Xa는 재료 피착이 발생하지 않으므로 점선으로 단면(108)을 도시한다. 도 24Xb는, 주사 방향(110)이 오른쪽을 향하며 비말(112)이 제1 통과상의 각 칼럼의 가장 왼쪽에 피착되 는 것을 나타낸다. 도 24Xc는, 주사 방향(124)이 왼쪽을 향하며 비말(114)이 제2 통과의 각 칼럼의 가장 오른쪽에 피착되는 것을 나타낸다. 도 24Xd는, 주사가 방향(126)에서 발생할 수 있으며 비말(116, 118, 120 및 122)이 피착되어 제3 통과에서의 단면의 형성을 완료하는 것을 나타낸다. 예시된 3 통과 실시예와는 달리, 2 통과 실시예가 사용될 수도 있으며, 이 경우에는, 비말(112, 114)이 피착되었을 때 제1 또는 제2 통과 중의 하나 또는 양자의 도중에 비말(116, 118, 120 및 122)이 그들 각각의 위치에 피착된다.

물체는 프린트 헤드[즉, 제트(jets)]의 상대 주사 방향에 대해 상대적으로 방향 전환(즉, 수직 축에 대해 하나 또는 그 이상의 회전)될 수 있어, 작은 간극들을 브리징하는 가능성을 증가 또는 감소시키는 소정 방향으로 프린트 헤드를 상대적으로 이동시키면서 소정 단면 피처의 가장자리를 노출시킬 수 있다고 기대된다.

상술한 바와 같이, 만일 작업 표면 거리에 대한 오리피스판이 너무 작으면, 비말이 작업 표면에 충돌함으로써 비말이 연장된 형상(즉 넓은 종횡비)를 갖게 될 것이다. 연장된 비말로 조형하는 경우, 고체 피쳐의 가장자리상의 피착을 위한 상기한 주사 방향은 상기한 바와는 반대의 결과를 가져올 수도 있다. 다른 인터레이싱 기술은 인접한 주사선 또는 인접하지 않은 주사선들의 2 방향 프린팅을 사용할 수도 있다.

상술한 조형 기술은 고체 물체의 형성에 적용할 수 있으며 또는 다른 기술들과 결합하여 부분적으로 공동(hollow) 또는 반 고체(semi-solid) 물체의 형성에도 적용할 수 있다. 물체의 원래 설계에서, 물체의 일부는 고체인 것으로(즉 응고된 재료로 형성되는 것으로) 가정되며, 일부는 공동(즉, 빈 영역)인 것으로 가정된다. 실제로 이들은, 어디든지 물체가 있다는 정의에 의해 물질이 있는 것으로 여겨지므로, 물체의 부분이 아닌 공동(즉, 빈) 영역을 의미한다. 본 발명에서는, 비 고체, 공동 또는 반 고체 물체은, 고체 물체인 일부가 제거된 몇몇 바람직한 실시예에 따라 이루어진 물체이다. 이에 대한 통상적인 예는 원래 고체 구조인 물체를 공동형, 부분적인 공동형 혹은 벌집형으로 만들 것일 수도 있다. 이들 원래의 고체 구조는 때때로 그들의 공간적인 배향과는 무관하게 물체 벽으로서 언급된다. 일부의 바람직한 조형 스타일은 완전 고체 물체를 형성하는 반면, 다른 조형 스타일은 표면 영역은 고체이지만 내부 영역은 공동 또는 부분적인 공동인 물체를 형성한다. 예를 들어, 물체의 내부는 체크보드형(checkboard), 사교형(cross-hatched), 6 각형, 타일형 또는 벌집형으로 형성될 수 있다[광 기반 스테레오리소그래피(photo-based stereolithography)에서 이행되는 바와 같은 이들과 그 밖의 조형 스타일들은 상기한 참조 특허 및 출원들에 개시되어 있다]. 상기한 비 고체 피착 패턴은 내부 물체 서포트 구조로 간주될 수 있다. 마찬가지로, 여기서 설명한 나머지 지지 구조들도 내부 물체 서포트 구조로서 사용될 수 있다. 이러한 비 고체 물체는 고체 물체에 비해 중량이 가볍고, 보다 적은 재료를 사용하며, 특정 조형 파라메터의 상세에 의존하여 보다 신속하게 형성되고, 형성시 보다 적은 피가열 재료가 피착되므로 가열 낭비 문제에 직면할 위험이 보다 적게 형성될 것이다. 이러한 물체는 주형 파손의 가능성을 감소시키므로 투자 주조 패턴으로서 유용할 것이다.

<u>온도 제어:</u>

부가 물체 형성 실시예들은 물체의 형성을 수반하며, 이때 부분적으로 형성된 물체는 부분 전체에 걸친 온도차(또는 온도차의 증감)이 작게 형성되거나 적어도 그와 같이 유지되는 소정의 온도 범위내에 유지된다. 만일 물체 형성시 물체의 서로 다른 부분들의 온도가 다르면, 물체가 실온으로 냉각되거나 사용 온도(물체가 사용되는 온도)에 이르게 됨에 따라, 물체의 수축량이 달라질 것이다. 이러한 수축량의 차이는 물체내의 스트레스를 발생시켜 물체의 비틀림 또는 심지어 파손을 일으킬 수 있다. 물체 비틀림을 합리적인 범위내로 유지하는데 효과적인 범위내로 온도차를 유지하는 것이 바람직하다. 물체 전반의 온도차는 20℃의 범위내로 유지되는 것이 바람직한데, 10℃의 범위내가 보다 바람직하고 5℃의 범위내가 보다 더 바람직하며 3℃의 범위내가 가장 바람직하다. 하여튼, 형성된 물체를 균일한 온도로 냉각(또는 가열)할 때 발생하는 수축(또는 팽창)의 차분과 재료의 열 팽창 게수를 고려하여 바람직한 온도를 추정할 수 있다. 만일 수축시의 차분이 바람직한 허용 범위 밖의 오차를 초래하면, 상술한 온도 범위를 조정할 수 있다.

물체의 형성시, 물체가 분사 온도(바람직한 실시예에서는 약 130℃)에서 응고 온도(약 56℃의 피크 DSC 에너지 전이 온도를 포함하는 약 50℃ - 80℃), 장착 온도(약 40℃ - 45℃) 및 최종적으로 사용 온도(예를 들어 실온 - 약 25℃)

까지 냉각됨에 따라 발생할 물체의 치수 변화를 고려하여 초기 물체 데이터를 스케일링(scaling)할 수 있다. 이 스케일링 인자를 사용하여 적당한 열 수축 보상 인자에 의해 초기의 물체 설계를 보상함으로써, 사용 온도에 적당한 크기의 물체를 형성할 수 있다. 또한, 하나 이상의 기하학 의존 또는 적어도 축(axes) 의존 수축 인자를 사용하여, 조형시 예상되는 물체 온도의 변동량에 대한 물체의 주 영역을 적어도 부분적으로 보상할 수도 있다.

변형, 특히 컬(curl) 변형이 감소된 물체를 형성하는데 있어서, 사전에 형성된 층(lamina)의 온도와 형성되는 층의 냉각율이 중요한 파라메터가 됨을 발견하였다. 현재, 응고 온도에서 실온으로 냉각되었을 때 약 15%의 수축이 일어나는 재료가 바람직하다. 이러한 수축은 컬 변형, 내부 스트레스의 발생 및 연관된 후 처리 변형[이들 변형은 앞서 언급된 특허 및 출원들에서 광 기반 스테레오리소그래피와 관련하여 기술되며, 상기 특허 및 출원들에서 기술된 많은 제조 기술은 본 출원에서 발견된 내용을 고려하여 SDM과 TSL의 실행에 효과적으로 이용될 수 있음]을 일으키는 대단한 자극력을 제공한다. 만일 물체 조형 온도, 특히 최종 형성된 층의 온도가 제조 공정 동안 실온 이상의 온도로 유지되면, 컬 변형이 감소됨을 발견하였다. 부분적으로 형성된 물체의 온도가 실온 보다 높은 온도로 유지되는 것이 바람직한데, 상술한 수축시의 차분을 고려하여 그 온도가 엄격한 허용 범위내로 유지되는 것이 바람직하다.

효과적인 물체 형성을 위하여, 부분적으로 형성된 물체의 조형 온도는 재료의 녹는점 미만으로 유지되어야 함이 분명하다. 그리고, 응고된 재료가 충분한 전단(shear) 및 압축 강도와 인장 강도(특히 비스듬한 또는 반전된 물체 형성 실시예가 사용되는 경우)를 갖게 하는 온도 미만으로 조형 온도를 유지하여, 조형 공정과 연관된 통상적인 힘을 받는 동안 물체가 정확히 형성되게 해야 한다(예를 들어 물체가 받게 될 가속도와 연관된 관성력, 물체에 가까이 접촉하거나 지나가는 평탄화 기(planarizer)와 프린트 헤드와 연관된 항력(drag forces) 또는 진공력, 물체를 냉각하기 위해 사용된 공기류와 연관된 공기 압력 및 자체 중량으로 인한 물체의 중력). 이들 작용력의 일부는 물체의 질량에 의존하여 부분내로 깊이를 증가시킨다. 이와 같이, 고층으로부터 하층까지의 경미한 네거티브 온도 변화율(즉, 가장 최근에 형성된 층으로부터 가장 일찍 형성된 층까지의 온도 감도)은 필요한 영역내의 강도를 증가시키는 동시에, 가장 최근에 형성된 층(들)로 하여금 최소한의 컬과 그 밖의 변형을 초래하기에 충분한 고온으로 유지되게 할 수 있다. 응고된 재료에 필요한 최소 전단 강도의 근사치로서 (부분의 질량과 부분이 받는 Y 방향의 가속도에 기초하여) 부분내의 하나 이상의 위치에 대한 관성력 계산과 더불어 간단한 중력 계산을 사용할 수도 있다. 이것은, 온도에 따른 재료 전단 강도 변동의 실험적 결정과 함께, 물체의 소정 위치에 대한 대략적인 상부 조형 온도 범위를 추정하는 데에 사용될 수 있다. 물론, 물체의 기하학적 파라메터, 온도 차분 및 냉각 기술에 의존하는 재용해 현상과 열용량 현상을 수반하는 분배된 재료 및 부분적으로 형성된 물체의 경계면에서 동적 열 효과가 발생하므로, 또 다른 사항들, 특히 물체의 가장 최근에 형성된 층 근처에 대한 사항들을 고려하는 것이 바람직하다. 이로써, 실제의 총체적인 최대 조형 온도는 위에서 추정된 양 보다 아마 낮을 것이다.

한편, 위에서 지적한 바와 같이, 상승된 온도에서 조형함으로써 컬과 그 밖의 변형을 현저히 감소시킬 수 있으며, 온도가 높을수록 변형이 적어진다. 일부 재료의 재분포에 의해 변형을 야기하는 스트레스를 감소시키게 하는 전단 적재(shear loads)를 지지하는데 있어서의 재료의 보다 낮은 능력 및 상승된 온도에서 흐르는데 있어서의 재료의 증진된 능력의 조합으로부터 상술한 변형 감소가 발생된다고 사료된다. 또한, 고상 변화 온도(예를 들어 결정화 온도 또는 유리 천이 온도)나, 그 근처 또는 바람직하게는 그 위에서 작업하는 것이 스트레스와 변형을 가장 빨리 또는 가장 현저히 감소시킬 것으로 사료된다. 이러한 상 변화는 통상 넓은 범위에 걸쳐 발생하므로, 작업 온도가 이러한 범위내에 있는지의 여부와 허용된 처리 시간에 의존하여 다양한 수준의 이점이 발생하는 것으로 사료된다. 적당한 조형 온도 범위를 결정하는데 이용될 수 있는 DSC(Differential Scanning Calorimety) 기술을 사용하여 용해 온도 및/또는 응고 온도 및 고상 천이 온도를 결정할 수 있다. 아울러, 적당한 조형 온도 범위를 실험적으로 결정할 수 있다. 실온 이상의 소정 온도에서 작업함으로써 몇몇 이점을 얻을 수 있음이 판명되었고, 용해 온도 및/또는 응고 온도에 보다 가까운 것일수록 이점이 보다 많은 것으로 사료된다. 이로써, 작업 온도 범위는 실온과 용해 또는 응고 온도 또는 실온과 추정된 최소 전단 강도의 온도간의 온도차에 따른 간격의 퍼센트로서 설정될 것이다. 또 다른 방법으로서, 재료가 실온 전단 강도의 특정 퍼센트를 갖게 되는 온도로 작업 온도를 선택할 수도 있다. 예를 들어, 전단 강도가 최대 실온값의 75%, 50%, 25% 또는 심지어 10%가 되도록 작업(조형) 온도를 설정하는 것도 좋을 것이다.

<u>표면 마무리 작업 개선:</u>

물체 표면 마무리 작업을 개선하는데 유용한 추가적인 조형 실시예들은 바람직한 SDM 기술의 실행으로부터 발생된 상향면을 보기 좋게 만드는 이점을 갖는다. 이들 실시예에서는, 유효 상향면의 수(예를 들어 전체 면적)는 증가되는 반면 유효 하향면의 수는 원래의 물체 설계에 의해 규정된 것으로부터 감소된다. 이에 의해, 물체가 둘 또는 그 이상의 조각으로 나누어지고 개개의 조각들의 배향이 변화되어, 가능한 많은 주면들이 상향면, 수직면 또는 혼합된 상향/수직면이 되는 반면 사실상 외측면들이 하향면으로서 유지되지 않거나 극소수의 주면들만이 하향면으로서 유지된다. 그 후, 이들 개개의 물체 성분들은 각각 적당히 배향되어 서로 개별적으로 조형된다. 이어서 서포트가 제거되고 최종 부분들이 접착 등에 의해 결합되어, 완전한 물체가 주로 상향 및 수직면 영역으로부터 형성된다. 만일 완만한 표면 대신 거친 표면이 요구되면, 주면이 하향면으로서 형성되도록 상기한 기술을 사용할 수 있다. 또 다른 방법으로서, 거칠게 되어야 하는 상향면은 그로부터 연장되는 서포트와 함께 간단히 형성될 수 있다.

이러한 조형 기술의 예를 도 25Xa-Xe에 예시한다. 도 25Xa는 SDM(즉, 원하는 물체 설계)을 사용하여 형성되는 물체(60)의 구성을 도시한다. 만일 물체가 이러한 설계로부터 직접 형성되면, 물체는 상향 피쳐 또는 상향면(50, 52, 54)과 하향 피쳐 또는 하향면을 모두 갖도록 형성될 것이다. 전술한 바와 같이, 하향 피쳐의 형성에 앞서, 하향 피쳐를 형성하는 재료가 분배되는 작업 표면으로서 작용하는 서포트 구조의 형성이 선행되어야 한다. 물체 형성과 서포트의 제거 후, 하향면은 거칠고 불규칙한 표면 마무리 상태로 남겨짐을 발견하였다. 만일 하향면이 완만해야 하면, 물체는 세밀한 샌딩(sanding) 또는 충전을 필요로 하는 추가적인 후 처리를 받아야 한다.

도 25Xb는 상기한 기술의 실행에 있어서의 제1 단계를 도시한다. 제1 단계 는 원래 또는 원하는 물체 설계를 두 개 또는 그 이상의 성분들로 분리하는 단계를 수반한다. 이러한 분리는, 물체의 모든 주 피쳐들이 수직면 또는 상향면으로서(상향면이 바람직하며, 상부에 하향면을 가지고 있지 않아 그로부터 시작하여 상향면을 훼손시키는 서포트가 형성되지 않게 하는 상향면인 것이 더욱 바람직함) 형성될 수 있도록 행해진다. 서포트 형성에 대한 추가적인 세부 사항 및 그와 연관된 내용들은 이후에 다시 설명할 것이다. 본 예에서는, 모든 면(50, 52, 54, 56 및 58)이 중요하다고 간주되며 상향면으로서 형성되어야 한다.

도 25Xb는 두 부분(62, 64)으로 분리되는 물체(60)을 도시한다. 부분(62)은 원래의 외향 피쳐(50, 52 및 54)와 새로운 즉 임시적인 외향 피쳐(72, 74)를 포함한다. 부분(64)은 원래의 즉 원하는 외향 피쳐(56, 58)와 새로운 즉 임시적인 외향 피쳐(72', 75')를 포함한다.

도 25Xc는 형성시의 부분(62)의 바람직한 배향(우측 상향)을 도시하며, 표면(50, 52, 54)은 상향 피쳐로서 형성된다.

도 25Xd는 형성시의 부분(64)의 바람직한 배향(반전)을 도시하며, 표면(56, 58)은 상향 피쳐로서 형성된다. 각각의 부분(62, 64)의 형성 후, 서포트가 제거되고 표면(72와72' 및 74와74')의 임시 쌍들이 짝을 이루게 된다. 도 25Xe는 부분(62)와 부분(64)이 결합하여 물체(60)을 형성하는 것을 도시하며, 여기서 모든 주 외향부[즉, 원래의 표면(50, 52, 54, 56 및 58)]는 양호한 표면 마무리가 되어 있다.

부가적인 조형 스타일:

그 밖의 조형 스타일은 다음 사항 중의 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있 다: 1) 주사 방향에 있어서 보다 높은 해상도 분배의 사용; 2) 물체의 내부 영역을 형성하는 경우에 비해 하향 표피면을 형성하는 경우에 보다 높은 단위 면적 당 비말 밀도의 사용; 3) 하향면 위로 적어도 N 개의 층(예를 들어 5 내지 10)을 연장하는 하향 표피 영역의 사용; 4) 물체의 내부 영역을 형성하는 경우에 비해 상향 표피면을 형성하는 경우에 보다 높은 단위 면적 당 비말 밀도의 사용; 5) 상향면 아래로 적어도 N 개의 층(예를 들어 5 내지 10)을 연장하는 상향 표피 영역의 사용; 6) 물체의 내부 영역을 형성하는 경우에 비해 경계 영역을 형성하는 경우에 보다 높은 비말 밀도의 사용[경계 영역은 물체의 내부로 적어도 L 비말 폭(예를 들어 2 내지 4) 연장됨]; 및 7) 래스터 주사에 의해 물체의 내부 영역을 형성하고 벡터 주사에 의해 경계 영역을 형성함.

서포트 스타일:

다음의 설명은 주로 서포트 형성에 관한 것이다. 그러나, 서포트는 피착 재료로 형성되므로, 상술한 모든 조형 기술들은 서포트 조형 공정에 적용될 수 있다고 이해되어야 한다. 마찬가지로, 서포트 조형 공정의 모든 특징들은 물체 조형에도 적용할 수 있다.

서포트 구조는 다음의 사항에 반대될 수 있는 몇 가지 요구들을 제공해야 한다: 1) 서포트 구조는 물체 층과 또한 연속적인 서포트 층을 조형하기 위한 양호한 작업면을 형성하는 것이 바람직하다; 2) 자신이 지지하는 하향면으로부터 용이하게 제거할 수 있는 것이 바람직하다; 3) 만일 물체의 상향면으로부터 시작하면, 그로부터 용이하게 제거할 수 있는 것이 바람직하다; 4) 제거시, 서포트는 하향 및 상 향면에 최소한의 손상만을 일으키는 것이 바람직하며 적어도 그들 표면상의 양호한 표면 마무리 처리에는 견딜 수 있는 것이 바람직하다; 5) 수직 방향(예를 들어 Z 방향)의 단면 당 알맞은 속도로 조형되는 것이 바람직하다; 6) 층 당 최소 개수의 통과를 사용하여 형성되는 것이 바람직하다; 7) 신뢰성있게 형성되는 것이 바람직하다. 다수의 서로 다른 서포트 스타일이 개발 또는 제안되어 이러한 요구들간에 서로 다른 밸런스를 이루고 있다.

조형 속도를 최적화하기 위해서는, 수직으로 축적하는 것이 중요하며, 서포트를 물체와 거의 동일한 속도로 조형하는 것이 바람직하다. 특히, 서포트의 수직 축적부(예를 들어 층 당 단일 통과로부터)는 적어도 평탄화기의 사용에 의해 설정된 소정의 층 두께 만큼 큰 것이 바람직하다. 서포트 축적이 물체 축적에 비해 가까울수록, 사용가능한 층이 더 두꺼워지고 평탄화시 제거될 재료가 더 적어져 조형 공정의 효율을 증진시킨다. 주어진 재료와 장치에 대해, 서로 다른 서포트와 조형 스타일에 의한 재료의 수직 조형은, 전술한 바와 같이, 각각의 피착 스타일이나 패턴에 대한 시험부를 서로 다른 층 두께(평탄화 레벨)를 사용하여 조형한 후, 피착된 층의 수와 예상되는 층 두께에 의해 규정되는 바와 같은 예상 두께의 뒤로 재료의 조형이 지체되었을 때를 결정하도록 시험부를 측정함으로써 실험적으로 결정될 수 있다. 이러한 정보로부터, 조형 및 서포트 스타일의 원하는 조합에 대하여 층 두께(평탄화 레벨)를 적당한 양으로 설정할 수 있으며, 또는 원하는 층 두께를 형성하는데 필요한 서포트 및 조형 스타일을 설정할 있다.

바람직한 서포트 스타일의 실시예들 중 일부는 형성 속도를 강조하여 용이한 제거를 유지하지만, 서포트가 제거된 영역의 표면 마무리 상태가 거칠게 남게 된다. 이러한 서포트 스타일은 작은 간극에 의해 분리되는 고체 칼럼의 형성을 수반하게 된다. 특히, 바람직한 시스템에서, 데이터는 X와 Y 방향 모두에서 인치 당 300 픽셀로 공급되며 물체와 서포트는 X 방향(주 주사 방향)의 ID 오버프린팅를 4 회 사용하여 형성된다. 각 층의 서포트는 3×3 픽셀 존을 포함하며, 이 픽셀 존에서 서포트 재료는 주 주사 방향(X 방향)을 따라 픽셀이 피착 형성되지 않은 두 개의 픽셀 존과 2차 주사 방향(Y 방향)으로 픽셀이 피착 형성되지 않은 하나의 픽셀 존으로 분리된 칼럼으로 분배될 것이다. 이러한 픽셀 존을 형성하는 데이터 상태를 도 15Xa에 도시한다. 도면 중의 'X'는 비말 데이터를 포함하는 픽셀을 도시하며, 도면 중의 'O'는 비 비말 데이터를 포함하는 픽셀을 도시한다. 사각형(50)은 피착 존의 형상을 강조하기 위해 'X' 존 주위에 새겨진다. 그러나, X 방향의 ID 오버프린팅으로 인하여, 사실상의 피착이 발생할 때 두 픽셀 간극은 사실상 대단히(거의 하나의 픽셀 폭 만큼) 좁아진다. 이에 의해, 둥글게 된 모서리들을 가지며, 이들이 X와 Y 방향 모두에서 1 픽셀 폭 간극(3.3 mils)에 의해 분리되더라도, 사실상의 최종 피착 패턴은 4/3 픽셀 폭(12 14 mils / 9 10 mils)에 더욱 가까이 접근한다. 이러한 상태를 도 18X에 대략 도시한다.

물체 조형의 실행에 있어서, 상기한 구성의 서포트는 물체와 거의 동일한 속도로 축적되며, 이로써 각각의 층 위에 서포트와 물체 양자를 형성하는데 있어서 각각의 낙하 위치상의 헤드의 단일 통과를 사용할 수 있음을 발견하였다. 또한, 상기한 서포트 구조는 물체로부터 용이하게 분리할 수 있으나 불량한 하향면 마무 리 상태를 초래한다는 사실도

발견하였다. 따라서, 조형 속도면에서는 상기한 스타일이 바람직하지만, 표면 마무리 상태면에서는 개선의 여지가 남는다.
분배 헤드의 다중 통과를 사용하여 단면의 서포트부를 형성하는 변형도 가능하다. 또한, 다른 방법으로서, 서포트와 물체간의 수직 재료 축적을 균등화하기 위하여 여분의 서포트 단면을 주기적으로 분배할 수도 있다.
다른 변형예로서, 서포트 형성을 하나 또는 그 이상의 층 만큼 물체 형성 뒤로 지체시켜 깨지기 쉬운 서포트가 조형되는 경우 발생할 수 있는 평탄화 문제를 제거하거나 최소화하는 예도 있다. 이 경우의 문제점은, 만일 단면의 대응하는 물체 부분과 동일한 통과(들) 도중에 단면의 서포트부가 분배되면 평탄화기는 이들 서포트를 변형시킬 수 있다는 점이다. 하나 또는 그 이상의 층의 지체를 발생시킴으로써, 서포트와 평탄화기간의 과잉 접촉을 방지할 수 있으며, 서포트의 최종 변형을 최소화할 것으로 기대된다.
다른 칼럼계 서포트 구조들은 상이한 차원 또는 형태의 칼럼들을 포함하는 것이 가능하다. 예를 들어, 데이타 포맷팅 및 오버프린팅 기술들이 근사적으로 3×3 픽셀 크기(9-10 mils), 2×3 또는 3×2 픽셀 크기(이는 수직 누적을 덜 발생할 수 있음), 2×2(6-7 mils × 6-7 mils) 픽셀 크기(수직 누적률의 손실 가능), 4×4(12-14 mils × 12-14 mils) 픽셀 크기(물체 표면에 대한 손상을 제거하기 어렵고 추가적인 손상 발생), 또는 심지어 더 넓은 크기의 물리적인 칼럼들을 생성하도록 조합될 수 있다. 다른 단면 형태의 칼럼들이 또한 사용될 수 있다. 이들은 보다 원형에 가까운 형태를 갖는 구조(예를 들어, 8각 또는 6각), 단면계 구조, 폭 외관 비에 대해 상이한 길이를 갖는 구조, 또는 혼합될 수 있는 구조들의 조합을 포함할 수 있다.
다른 대안은 메인 및 서브주사 방향 중 하나 또는 양자 모두에 오프세팅 교호 서포트층을 포함할 수 있다. 예를 들어, 다른서포트 칼럼 마다 칼럼들 간의 1/2 간격에 의해 제2 주사 방향에서 오프세팅될 수 있다. 이는 도 19X에 도시되어 있다. 특히, 아치 또는 브랜칭 서포트가 물체의 하면과 만나기 이전에 서포트 칼럼들 간의 갭을 좁히는 데 사용되는 몇가지 경우의 기술에서라면, 보다 넓은 서포트 칼럼의 간격이 가능하다. 아치계 서포트의 2가지 예가 도 21Xa 및 21Xb에 도시되어 있으며, 상이한 양의 픽셀 오프세팅(또는 최소한의 적량 배치 제어)이 사용된다.
<u>브랜칭 서포트 :</u>
여러 위치에서 설명된 바와 같이, 몇 가지 양호한 실시예는 브랜칭 서포트로서 설명될 수 있다. 상기 논의된 아치형 서포트는 브랜치 서포트의 한 형태의 예이다. 브랜칭 또는 브래칭 형태의 서포트는 몇몇의 층의 부분들이 바로 선행의 층 상에 고체화된 영역으로부터 캔티레버(cantilever) 방식을 통해 외부로 연장하도록 구성된 서포트 구조이다. 이러한 외부 연장은 층 간의 동일한(예를 들어, 고정된) 픽셀 위치를 기초로 할 것이다. 브랜칭 서포트의 몇가지 실시예들이 브랜칭 서포트가 하부층에서 생성되는 다수의 서포트 구조들보다는 서포트되는 표면에서의 개별 서포트 구조들을 더 생성한다.
앞서 개시된 다양한 실시예(본질적으로는 브랜칭 서포트로 고려될 수 있음) 에 추가하여, 도 28Xa, 28Xb, 29Xa-Xe, 30Xa-Xm, 31Xa-Xc, 32Xa-Xd는 양호한 브랜칭 서포트 구조들의 추가 예들을 도시하고 있다. 도 28Xa는 표면(500)에서 시작하고 표면(502)을 향해 확장하는 칼럼 서포트들(504, 506, 및 508)의 측면도를 도시하고 있다. 이러한 칼럼 서포트들은 브랜칭 소자들(510, 512, 514, 및 516)에 의해 서로 접속된다. 도 28Xb는 표면(500)으로부터 표면(502)을 향해 확장하는 브랜칭 형태의 서포트의 실시예의 측면도를 도시하고 있다. 서포트는 2개의 층 마다 브랜칭되도록 도시되어 있다. 이러한 2차원의 관점에서, 몇몇의 브랜칭은 2개의 경로 분기계 패턴에서 발생하고 다른 분기들은 단일 경로를 따라 간단하게 분기한다. 도 28Xb에 도시된 이러한 서포트 구조는 도 31Xa-Xc 및 32Xa-Xd의 다른 관점으로 도시된 것이다.
다른 양호한 브랜칭 패턴들이 도 29Xa-Xe의 예에 도시되어 있다. 도 29Xa-Xe는 X만을 사용하고 Y만이 브랜칭되며 단일 서포트 트렁크로부터 4개의 서포트 브랜치들 전체를 생성하는 단일 서포트 트리를 위한 연속적인 브랜칭 단면의 상부도를 도시하고 있다. 도 29Xa는 복수의 구조로 브랜칭될 단일 서포트 구조를 도시하고 있다. 이러한 단일 서포트 구조는 서포트 트리 또는 구조의 '트렁크'로 불릴 수 있다. 아래에서 명백해지는 바로서, 데이타 조작을 용이하게 하기 위해, 트렁크는 그들의 독립된 독자성을 유지하는 개별적이지만 동일한 성분로 구성되도록 고려될 수 있으나, 주어진 임의의 층에 대한 주사 패턴을 산출하기 위해 함께 부울 대수화될 수 있다. 물론, 실제 응용에서는, 서포트되는 실제 영역이 서로 적절하게 분리된 복수의 트렁크 소자를 필요로 할 것이다.
도 29Xb는 X 방향에서의 제1 브랜칭을 도시하고 있다. 후속의 다른 도면들에 도시된 바와 같이, 해칭된 고체 영역은 X 방향에서의 제1 브랜칭을 도시하고 있다. 후속의 다른 도면에 도시된 바와 같이, 점선으로 도시된 영역(들)은 바로 다음 브랜치를 나타내는 데 반하여 해칭된 고체 영역은 단면에 대한 피착 영역을 나타낸다. 피착 영역을 도시하는 방법은 브랜치들 간의 등록을 클리어하도록 행해진다. 이러한 제1 브랜칭은 하나 이상의 트렁크층이 형성된 이후에 발생할 것이다. 상기 도면과 후속의 다른 도면과 관련하여 설명되는 다른 브랜치들에서, 브랜칭은 사용되는 묘화 순서, 비말 폭에 비한 픽셀 폭, 현재의 층 위에 형성되는 다수의 동일한 층들(현재 층의 결함에 대한 보상을 할 수 있는), 부분적으로 서포트되지 않는 재료의 능력 등에 따라 하나의 픽셀, 하나의 완전한 픽셀, 또는 다수 픽셀에 의해 서포트되는 영역들로부터 투여된 재료를 확장할 수 있다. 다음에 논의될 몇몇의 다른 브랜치들에서는, 이러한 브랜칭이 2 방향 브랜치(즉, 포지티브 X 방향에서의 한 방향과 네거티브 X 방향에서의 다른 방향) 또는 2 이상의 처음에 오버랩된 구서용소의 1 방향 브랜치로 고려될 수 있다. 다음의 설명으로 이해되는 바로서, 상기 제1 브랜치는 4개의 최초 구성 소자의 한 방향 브랜치로 고려될 수 있으며, 여기서 2개의 성분은 각각의 브랜칭 방향을 따른다. 이러한 4개의 성분들로부터의 재료의 실제 피착은 오버랩된 영역 위의 다수 피착을 피하도록 성분들의 부울 결합을 기초로 할 수 있다.
도 29Xc는 트리의 다음 브랜칭을 도시하고 있으며, 여기서 이러한 브랜칭은 처음에 도 9Xb에 도시된 브랜칭 이후에 하나 아상의 층들을 발생할 수 있다. 물체 성분의 이러한 브랜칭은 도 29Xb에 도시된 바와 같이 동일한 방향에서 발생한다.

도 29Xd는 도 29Xc에 도시된 2개의 브랜치들 각각의 Y 방향에서의 2개의 브랜칭을 도시하고 있다. 그 개념에 있어서, 독립된 성분의 Y 방향에서의 단일 브랜칭이 다시 고려될 수 있다. 도 29Xd에 도시된 브랜칭은 4개의 모든 성분의 개별 처리을 시작하는 제1 브랜치이다.

도 29Xe는 이러한 실시예에 대한 최종 브랜치를 도시하고 있으며, 여기서 각각의 성분의 추가 Y 방향 브랜치가 이루어진다. 이러한 최종 브랜치들은 적절한 물체 표면을 지지하도록 사용될 수 있다. 만약 물체 표면이 상기 최종 브랜치들 위의 여러 층들에 배치된다면, 도 29Xe의 구조(예를 들어, 칼럼)는 물체 표면이 접촉될 때까지 연장될 수 있다. 만약 물체 표면이 4개의 모든 브랜치들에 대해 동일한 레벨이 아니라면, 개별적인 칼럼 또는 칼럼의 일부분들은 필요한 만큼 연장될 수 있다. 이러한 서포트 높이의 연장은 본 명세서에서 논의된 다른 양호한 컬럼 서포트 실시예와 유사하며 브릿지층 등의 사용을 포함할 수 있다. 물론, 만약 4 칼럼 브랜칭된 서포트의 다른 구성들(예를 들어, 행태, 위치 등을 원한하면, 도시된 실시예에 대한 수정(예를 들어, 브랜칭 순서, 브랜칭 방향, 연장량, 브랜치들 사이의 층들의 수에 대한 수정)이 이루어질 수 있으며 본 기술분야에 숙련된 당업자에게는 이러한 것이 명백할 것이다. 도 29Xa에 도시된 서포트 트렁크는 앞서의 물체 단면 또는 초기 기판 상에 최초로 형성될 수 있다. 대안적으로, 트렁크는 도 28Xa에 도시된 바와 같은 또다른 서포트 구조의 상부 상에서 시작할 수 있다. 더우기, 만약 다수의 트리가 사용된다면, 트리의 브랜칭은 동일한 층 상에서 시작하 거나 시작하지 않을 수 있고, 또는 동일한 수의 층들 이후에 형성된 각각의 브랜치를 발생하거나 발생하지 않을 수 있다. 브랜칭의 개시 장소와 이후에 연속적인 브랜치를 생성할 시점의 선택은 형성될 물체의 형상을 기초로 할 것이다. 서포트될 표면(예를 들어, 물체 하면)과 처음 만나기 전에 특정한 트리에 대해 이루어진 여러 층들의 최종 브랜칭 패턴을 갖는 것이 바람직할 것이다. 도 29Xa-29Xe에 도시된 실시예와 연관되어 수행되는 브랜칭 루틴들은 다음의 도표와 같이 요약될 수 있다.

성분 #1	성분 #2	성분 #3	성분 #4
원하는 수의 층들을 위한 브랜칭 없이 구성(도 29a)			
원하는 량 A만큼 +X 방향에서 브랜치(도 29b)	원하는 량 A만큼 +X 방향에서 브랜치(도 29b)	원하는 량 A만큼 -X 방향에서 브랜치(도 29b)	원하는 량 A만큼 -X 방향에서 브랜치(도 29b)
원하는 수의 층들을 위한 브랜칭 없이 구성			
원하는 량 A만큼 +X 방향에서 브랜치(도 29c)	원하는 량 A만큼 +X 방향에서 브랜치(도 29c)	원하는 량 A만큼 -X 방향에서 브랜치(도 29c)	원하는 량 A만큼 =X 방향에서 브랜치(도 29c)
원하는 수의 층들을 위한 브랜칭 없이 구성			
원하는 량 A만큼 +Y 방향에서 브랜치(도 29d)	원하는 량 A만큼 -Y 방향에서 브랜치(도 29d)	원하는 량 A만큼 +Y 방향에서 브랜치(도 29d)	원하는 량 A만큼 -Y 방향에서 브랜치(도 29d)
원하는 수의 층들을 위한 브랜칭 없이 구성			
원하는 량 A만큼 +Y 방향에서 브랜치	원하는 량 A만큼 -Y 방향에서 브랜치	원하는 량 A만큼 +Y 방향에서 브랜치	원하는 량 A만큼 -Y 방향에서 브랜치
신규한 서포트 스타일이 실현될 때까지 또는 물체의 표면이 접촉될 때까지 브랜칭 없이 구성			

상기 도표에 요약된 다양한 파라미터들, 예를 들어, 양 'A'로서 취해진 브랜칭 량은 원하는 바대로 수정될 수 있다. 이러한 양은 동일한 브랜칭 동안에 적절하게 다른 브랜칭 레벨들로 변경될 수 있거나, 또는 다른 성분에 대해 변경될 수 있다.

도 30Xa-30Xm은 도 30Xa에 도시된 단일 트렁크가 도 30Xm에 표시된 바와 같은 16개의 브랜치들을 발생시킬 수 있는 것을 제외하고는 도 29Xa-29Xe와 유사한 브랜칭 서포트 실시예를 도시하고 있다. 가능한 한 이해와 실현을 용이하게 하기 위해, 도 30Xa에 도시된 트렁크는 개별적이지만 동일한 성분로 구성되는 것으로 고려될 수 있다. 다시, 주어진 성분에 대한 주어진 브랜칭 조작 동안에 X와 Y 방향 중 단지 하나만을 따라 수행된다. 상기 도 29Xa-Xe의 설명에서의 모든 고려는 다음의 실예들 만이 아니라 상기 도면들에 도시된 실시예에도 적용될 수 있다.

도 31Xa-Xc는 추가 실시예들을 도시하고 있으며, 여기서 도 31Xa에 도시된 바와 같은 단일 트렁크는 도 31Xc에 도시된 바와 같은 4개의 소자들로 브랜칭된다. 이러한 실시예는 브랜칭이 X 및 Y의 양방향에서 동시에 생성되므로 도 29Xa-29Xc와 다르다. 도시된 바와 같이, 브랜칭의 정도는 X 및 Y 양방향에서 동일하지만, 이러한 브랜칭의 정도는 이러한 방향들 사이에서 변경될 수 있다.

도 32Xa-32Xd는 도 31Xa-31Xc에 도시된 실시예를 계속하여 16개의 독립되고 브랜치된 서포트를 산출한다. 이러한 도면들은 도 28Xb에 도시된 구조를 더 도시하고 있으며, 각각의 브랜치에 대한 2개의 층이 도시되어 있다.

다른 양호한 실시예들에서는, 다른 브랜칭 패턴이 가능하다. 예를 들어, 상기 설명된 예들에서 도시된 개별 트렁크로부터 브랜치된 서포트의 4각 어레이를 산출하는 대신에, 6각 어레이, 3각 어레이, 반원형 어레이 등이 형성될 수 있다. 만약 달성된 패턴이들이 모두 적합하지 않다면, 다운 페이싱 표면이 적절하게 서포트될 수 있도록 최종 서포트 구조의 올바른 조정 또는 메싱(meshing)을 제공하기 위해 적절한 형태로 변경되는 패턴의 혼합을 사용한다. 다른 양호한 실시예들은 브랜칭 서포트의 단일 그룹들을 지지하기 위한 다수의 트렁크들을 사용할 수 있다.

물체와 접촉하는 최종 서포트 구조가 보다 균일한 간격을 가질 것이 예견되므로, 이러한 브랜칭 서포트 실시예들은 다른 몇몇의 양호한 실시예들로 이루어지는 것보다 더 우수한 다운 페이싱 표면을 산출할 것으로 예상된다. 이와 같

이, 본 명세서에 기술된 브랜칭 서포트 실시예들은 대 서포트 구조의 또는 혼성 서포트 구조의 일부일 수 있다. 상기 실시예들의 다른 수정은 본 명세서의 가르침을 받은 본 기술분야에 숙련된 당업자에게 명백학 것이다.
만약 상술한 형상 및 방향에 민감한 인터레이싱(interlacing) 기술들이 사용된다면, 더 작은 직경 및/또는 더 근접한 간격의 구조가 가능하여 적당한 수직 축적비를 제공하면서 보다 우수한 작업표면을 제공할 것이다.
양호한 실시예에서, 피착된 비말 직경은 근사적으로 양호한 픽셀 직경(약 2.9 = 3.4 mils)와 동일하다. 그러나, 일반적으로, 서포트들 간의 픽셀 분리(예를 들어, 서포트 칼럼들 간의 분리)는 낙하하는 비말 직경(예를 들어, 2 mils)과 충돌(또는 피착) 비말 직경에 관련한 분리보다 중요하지는 않다. 양호하게, 서포트들(예를 들어, 서포트 칼럼들) 간의 간격들은 서포트될 다운 페이싱 표면을 포함한 층에 바로 선행하는 층 상의 6 비말 직경보다는 작다. 더 양호하게는, 상기 간격은 3 비말 직경보다 작고, 가장 양호하게는, 상기 간격은 1- 2 비말 직경보다 작다.
서포트 칼럼들의 높이가 증가됨에 따라 그들의 워하는 XY 위치로부터 편이되도록 하는 능력을 제한하도록 서포트 칼럼들 사이에 주기적 브릿징 소자를 포함하는 것이 유용하다고 알려져 왔다. 보편적으로, 서포트 칼럼들의 직경이 작아짐에 따라, 브릿징 소자들 또는 층들은 더 자주 요구된다. 이러한 브릿징 소자들은 하 나 이상의 층으로 높이가 확장될 수 있다. 양호한 실시예에서, 브릿징 소자의 단일 층(1-2 mils)은 완전히 효과적이지 않으며 5개의 층(5-10 mils) 이상은 전체 서포트 구조를 너무 견고하게 만드는 것으로 알려져 있다. 그러므로, 양호한 3×3 픽셀 서포트를 사용할 때, 브릿징 층들은 높이가 2층(2-4 mils)에서 5층(5-10 mils) 사이인 것이 바람직하며 가장 바람직한 것은 3층(3-6 mils)이다. 더우기, 브릿징 층들은 양호하게 75 mils 마다 2인치, 더 양호하게는 100-300 mils 마다, 가장 양호하게는 100-200 mils 마다 반복된다. 다른 재료를 사용하기 위해서는, 구성 파라미터, 또는 구성 조건, 테스트 부분들의 형성 및 분석이 효화적인 브릿지 두께 및 분리 두께를 결정하는 데 사용될 수 있다.
브릿징 층들이 주기적으로 사용될 때 이들은 모든 서포트 칼럼들을 함께 바인딩하거나 또는 이들 중 일부분만을 함께 바인딩할 수 있으며, 다른 칼럼들은 앞서 사용된 브린징과 인접하거나 다음에 사용되는 브릿징과 인접할 것이다. 즉, 브릿징 소자들은 피착된 재료의 고체 평면을 형성하거나 커럼들 중 몇몇을 함께 접속시키는 부분적인 고체 평면(예를 들어, 체크보드 패턴)만을 형성할 것이다. 서포트 칼럼들은 그들이 브릿징 층의 형성 후에 재시작할 때 이전의 XY 위치들로부터 편이되거나 또는 편이되지 않을 수 있다.
용이한 제거를 강조한 또다른 양호한 서포트 구조와 물체 제조 속도 이상의 우수한 다움 페이싱 표면 완성은 체크보드 서포트로서 공지되어 있다. 서포트 구조의 단면 구성은 도 14X에 도시되어 있다. 각각의 레스터 라인을 따라, 피착은 모든 다른 픽셀(300 픽셀/인치)을 사용하여 발생하며 인접한 레스터 라인들에서 피 착 픽셀들은 한 픽셀 폭만큼 라인을 따라 편이된다. 서포트의 한 양호한 개조는 ID 오버프린팅을 사용하지 않지만, 층마다의 피착을 증가시키기 위해 DD 오버프린팅 또는 다수 노출을 사용할 수 있다. 앞서 설명된 양호한 실시예들로 얻을 수 있는 근사적으로 1.3 mils 대신에, DD 오버프린팅 또는 다수 노출없이, 양호한 실시예에서 이러한 형태를 사용했을 때의 두께는 0.4-0.5 mils 미만으로 제한으로 제한된다. 이러한 서포트에 대한 DD 오버프린팅 또는 다수 노출 대신에, 물체의 양호한 ID 오버프린팅을 사용하지 않는 것이 가능하며, 보다 얇은 층들(예를 들어, 층 당 0.3-0.5 mils)의 재료를 간단히 피착시킨다. 평탄화 단계 동안에 제거되기 위해 여분의 재료가 필요하기 때문에 물체의 오버프린팅은 사용될 필요가 없다. 레스터 주사가 사용되고 층 형성 속도가 오버프린팅과 동일하거나 오버프린팅이 없으므로, 상기 기술들에 따른 구성 스타일은 4배 오버프린팅에 사용되는 등가 구성 스타일보다 느린 근사적으로 3-4배이다. 비록 구성 시간을 현저히 증가시지만 임의의 환경에서의 사용할 때에 표면 완성도의 향상이 보장된다.
체커보드(checkerboard) 서포트를 구성할 때, 칼럼 완성도를 보장하기 위해 브릿징 층의 규칙적인 사용이 바람직하다(예를 들어, z 높이의 30 - 100 mils 마다). 브릿징 층들은 그들의 효과를 보장하기 위해 충분한 수의 층들을 포함해야 한다(예를 들어, 상기 논의된 브릿징 층들과 대략 동일한 두께). 낙하-온/낙하-오프(drop-on /drop-off) 체커보드 패턴은 (비말 폭 면에서) 고체화된 소자들이 1 비말 폭(피착 폭)인 곳이며, 연속적인 소자들의 중심점 간의 간격은 1 비말 폭보다는 크지만 2 비말 폭보다는 작다.
라인 서포트들은 (비말 폭 면에서) 폭이 근사적으로 하나의 충돌된 작은 비말인 라인 소자들을 포함하며, 라인들의 방향과 접하는 소자들 간의 간격은 1 비말 폭(즉, 오버레핑)보다 작고, 라인 방향과 수직인 소자들 간의 간격은 1 비말 폭보다 크다. 양호하게, 라인 방향에 수직인 소자들 간의 간격은 또한 2 비말 폭보다 작다.
N×N 칼럼 서포트들(픽셀 면에서)은 메인 주사 방향에서 N-on, 양호하게는 1 또는 2-off이고 인덱스 방향에서는 N-on 및 바람직하게 1-off이다. 칼럼들의 폭과 그들 간의 간격은 픽셀 간격, 비말 직경, 및 사용된 임의의 오버프린팅의 지식을 기초로 계산될 수 있다. 인접한 칼럼들 내에 피착된 재료 간의 양호한 간격은 1 - 2 작은 비말 직경이다.
또다른 가능한 서포트 스타일은 양호하게 3 픽셀 폭보다 좁고(10 mils 미만) 더 양호하게는 1 - 2 픽셀 만큼 또는 폭이 더 좁으며(3.3 - 6.6 mils 미만) 피착되지 않는 재료보다 작게 분리된 단선 또는 주기적인 파선의 사용을 포함한다. 이러한 서포트들은 메인 주사 방향, 제2 주사 방향, 또는 다른 방향을 따라 연장한다. 서포트의 또다른 형태는 물체의 경계를 따르는 곡선 서포트이다. 대안적으로, 서포트 패턴은 단면의 상이한 영역에 차이를 둘 수 있다. 주사 방향에서 N 픽셀(또는 비말 폭), 또는 인덱스 방향에서 M 픽셀(또는 비말 폭) 만큼 물체의 경계로부터 옮겨질 수 있다.
몇몇의 다른 대안은 물체에 인접한 하나 이상의 층들 상에만 상이한 서포트 재료를 사용할 수 있다.
<u>혼성 서포트 :</u>
선택 피착 모델링에 유용한 서포트 구조들의 추가적인 형태는 혼성 서포트이다. 가장 간단하게, 혼성 서포트는 최소한 2가지 다른 형태의 서포트 구조를 포함하는 서포트 구조이다. 양호하게, 혼성 서포트에 사용되는 구조는 서포트의 높이에 따라 변하며, 더 구체적으로는, 임의의 주어진 지점에서의 구조는 상기 지점으로부터 물체의 상명 및/또는 하면으로의 거리에 따를 것이다. 예시적인 실시예에서, 서포트 패턴은 상기 지점이 하면 아래의 소정의 수(예를 들어, 4-9)의 층들에 배치될 때 변화된다. 다르게는, 단위 면적 당 비말 밀도 또는 서포트의 비말 밀도 비율(단위 면적 비율 당 비말 - 비비말 비율로 정의)은 하면이 가까워짐에 따라 감소된다. 이러한 실시예의 변형에서, 높은 비말 밀도 비율의

구조에서 낮은 비말 밀도 비율의 구조로 변화될 때 하나 이상의 선반(또는 중간)층들이 사용된다.
또다른 예시적인 실시예어서, 비말 밀도 비율은 상면에서 멀어짐에 따라 증가된다(예를 들어, 상면으로부터 멀어진 4 이상의 층들). 이러한 실시예의 선택적인 변형에서, 낮은 비말 밀도 비율의 구조로부터 높은 비말 밀도 비율의 구조로 변화될 때 선반(중간)층들 중 하나 이상의 층이 사용된다. 서포트 구조들은 물체로부터의 수직 거리에 따라 변할 뿐만 아니라 물체로부터의 수평 거리에 따라서도 변할 수 있다는 것이 또한 상상 가능하다. 예를 들어, 물체에 수평으로 경계선을 형성할 때, 상이한 형태의 서포트가 물체로부터 얼마간 먼 거리에 있을 경우보다 유용할 수 있다.
혼성 서포트의 한 예가 도 20X의 한 측에 도시되어 있다. 도시된 바와 같 이, 상기 구조는 구성 플랫폼 또는 구성되는 물체의 상면일 수 있는 표면(23)으로부터 연장한다. 도시된 바와 같이, 서포트 구조는 5개의 구성요소, 즉 (1) 표면(23)과 접속하는 얇은 섬유계 칼럼들(만약 표면(23)이 물체의 상면에 위치하지 않는다면, 서포트 구조의 상기 성분은 제거될 수 있다); (2) 섬유계 칼럼(25) 상부에 놓인 대 칼럼(26); (3) 중간층(27)(즉, 최종 브릿징 층); 및 (5) 2개 이상의 대 칼럼을 함께 융합시키며 칼럼들(26) 사이의 다양한 위치에 분포되는 브릿징 층들(29)을 포함한다.
얇은 칼럼들(25 및 28)은 단면(3.3×3.3 mils) 내의 양쪽의 1 픽셀이며 도 14Xa에 도시된 바와 같이 '체커보드' 패턴을 형성한다. 이 결과물은 인접한 칼럼들로부터 1 픽셀 만큼 분리되고, 표면들(23 및 24)로부터 용이하게 분리시킬 수 있는 일련의 얇은 섬유계 칼럼이다. 이러한 서포트들의 한 픽셀 온, 한 픽셀 오프를 기초로, 비말 밀도 비율은 근사적으로 1이다. 만약 서포트가 시작하지 않으면, 물체 칼럼(25)의 상면은 건너 뛸 수 있다.
칼럼들(25 및 28)은 높이가 3 mils - 15 mils이어야 하며 바람직하게는 약 4 - 6 mils이다. 상기 서포트는 4배 ID 오버프린팅으로 형성된 물체와 결합되어 사용되고 오버프린팅 없이 상기 서포트 구조 상에 단일 통과만을 사용할 때는 이들이 물체보다 훨씬 낮은 비율에서 누척되므로 이러한 높이는 최소로 유지되어야 한다. 한편, 침형 소자는 물체의 하면이 그들 상에 투여될 때 융해되기 쉬우므로 상기 서포트는 얼마간의 높이를 갖는 것이 바람직하다.
칼럼(26)이 단면(9.9 mils×9.9 mils) 내에서 3×3 픽셀이고, 주사 방향에서 인접한 칼럼들로부터 2 픽셀, 인덱스 방향에서 인접한 칼럼들로부터 1 픽셀 만큼 분리된다. 이러한 칼럼 서포트는 상기 논의된 가장 양호한 서포트와 동일하다. 상술한 바와 같이, 메인 주사 방향에 여분 간격을 두는 주 요인은 상기 서포트가 4배 오버프린팅을 받을 것이기 때문이다. 상기 칼럼들에 의해 형성된 단면 패턴은 도 15X 및 18X에 도시되어 있다. 이 결과물은 섬유계 칼럼들(25 및 28)보다 더 큰 일련의 칼럼들이다.
다른 것들과 달리, 이러한 칼럼들은 임의로 높일 수 있다. 그 이유는 이러한 칼럼들의 보다 큰 단면은 칼럼들이 그 자신의 일부와 거의 동일한 비율(약 1.3 mils/층)에서 성장하도록 하기 때문이다. 이미 논의된 바와 같이, 브릿지들(29)은 몇몇의 거리에 대한 구성 후에 발생할 수 있는 상기 칼럼들의 '꾸불꾸불함(wandering)'을 주기적으로 방지하기 위해 칼럼들(26) 중 인접한 하나와 함께 융합시키는데 사용되는 것이 바람직하다. 브릿지들의 간격은 상기 논의된 범위 내에 있는 것이 바람직하다.
중간층들(27)은 칼럼들(26)과 칼럼들(28) 간의 천이로서 기능할 수 있는 브릿징의 최종적인 선택층을 나타내고 있다. 천이층이 유용한 이유는 칼럼들(28)이 칼럼들(26) 간의 간격과 대략 동일한 크기이거나 또는 더 작기 때문이며, 천이층들이 없다면 칼럼들(28)이 상기 간격으로 빠질 수 있다. 한 양호한 방법에서는, 중간층들이 전체적으로 사용되지 않을 것이며 대신에 칼럼들(26)의 상부에 칼럼들(28)의 조심스러운 배치가 이루어지거나 또는 중간층들(27)이 필요한 부분에만 사용될 것이다.
양호하게, 사용할 때에, 상기 중간층들은 이미 논의된 브릿징층들의 두께와 유사한 두께로 이루어질 것이다.
칼럼들(26)은 칼럼들(25) 간의 간격보다 더 큰 단면을 가지기 때문에, 칼럼들(25)과 칼럼들(26) 사이에 중간층들이 필요하지 않다는 것이 인식될 것이다. 따라서, 이러한 대 칼럼은 중간층들 없이 소 칼럼의 상부 상에 직접 구성될 수 있다.
상술한 서포트 소자들과의 다른 결합을 이룬 다른 혼성 서포트가 가능하다. 혼성 및 다른 서포트 구조들은 또한 물체의 내부를 형성하는 데 사용될 수 있다.
서포트 구성을 위한 추가 대안들이 존재한다. 예를 들어, 부분을 구성하는 데 사용되는 상이한 재료로부터 서포트를 구성하는 것이 또한 가능하다. 또다른 가능성있는 대안은 추가적인 서포트를 제공하고 또한 열 방출을 돕기 위해 상술한 서포트 구조의 틈 사이에 물과 같은 유체를 부가하는 것이다. 이러한 방법에서, 구성 재료보다 큰 밀도를 갖는 유체를 사용하는 것이 유리하다. 칼럼의 틈 사이로 떨어지는 구성 재료의 비말에 부력을 제공할 것이다. 상기 재료는 또한 유체와 칼럼 간의 메니스커스(meniscus) 형성을 방지하기 위해 그 표면 에너지가 구성 재료의 표면 에너지와 매치되도록 선택되어야 한다. 이러한 재료의 예는 계면 활성제이다.
또다른 가능성있는 대안은 칼럼의 틈 사이에 위로 향해 공기를 분사시키는 것이다. 이러한 방법에서는, 열 방출 효과와 부력이 가능하다. 또다른 가능성있는 대안은 감소된 수의 칼럼 서포트들의 틈(예를 들어, 0.1 - 1인치 또는 더 분리되어 배치된 칼럼들)을 입자로 채우는 것이다. 더우기, 이러한 입자는 이들이 작 업 표면에 도달하기 전에 작은 비말들이 고체와되는 것을 허용하거나 또는 발생시키거나(투여 헤드와 작업 표면 사이의 거리를 증가시키는 것 등), 또는 입자들이 승화, 즉 고체로부터 직접 기체로 되는 재료에 가해지기 전에 작은 비말을 코팅함으로써 구성 재료로부터 형성될 수 있다.
양호하게 서포트들은 구성 플랫폼의 표면으로부터 물체와 50 - 300 mils의 간격을 갖는다. 대안적으로, 물체는 플랫폼 상에 직접 구성될 수 있다. 이러한 대안적 방법에서, 플랫폼은 견고한 플랫폼으로부터 물체를 용이하게 분리하고, 다음에 판 재료로부터 물체를 용이하게 분리하는 것을 가능하는 유동성 판 재료로 덮힐 수 있다. 물체가 플랫폼 표면 위의 150 - 300 mils에 배치되는 것이 바람직한 경우에 서포트를 플랫폼으로부터 분리시키는 데 사용될 수 있다. 이러한 경우에, 디바이스의 두께는 물체와 플랫폼 간에 요구되는 간격, 전형적으로 50 - 200 mils인 간격을 규정한다.
서포트는 광 러빙, 브러싱에 의해, 또는 치과 도구와 같은 작은 프로브 디바이스를 사용함으로써 물체로부터 제거될 수 있다.

또다른 변형은 당면 실시예를 자동 부분 제거, 및 냉각 스테이션의 특성을 포함하는 집적 시스템으로 통합시키는 것을 포함한다. 다른 대안은 다른 레스터 라인들 또는 비말 위치 상에 구성 재료로서 저융점 금속, 재료 충진재, 또는 다른 재료를 사용하는 것을 포함한다.

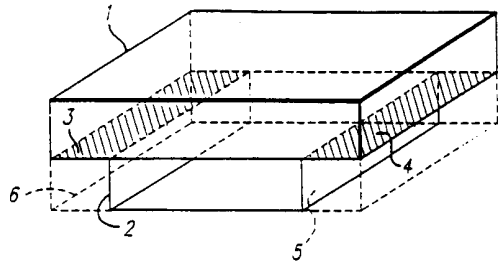
또다른 대안은 부분 구성보다 서포트 구성을 위해 더 큰 비말을 사용하는 것을 포함한다. 또다른 대안은 작은 비말들이 상술한 바와 같이 작업 표면에 도달하기 전에 작은 비말들을 응고시키는 것을 가능하게 하거나 응고시키는 것에 의해 형 성될 수 있는 분쇄된 서포트의 사용을 포함한다.

다른 실시예는 다른 주 주사 방향들(예를 들어, Y 또는 Z), 다른 제2 주사 방향들(예를 들어, X 또는 Z), ALC 다른 스태킹(stacking) 방향들(예를 들어, X 또는 Y)를 기초로 물체를 구성할 것이다. 다른 실시예는 다른 절대적 무브먼트(movement) 구성을 물체와 프린트 헤드 간의 원하는 상대적인 무브먼트를 이루는 데 사용할 것이다. 예를 들어, 몇몇의 실시예들에서, 프린트 헤드의 절대적 무브먼트는 3 방향 모두에서 발생할 것이며, 다른 실시예들에서는, 절대적 물체 무브먼트가 3방향 모두에서 발생할 것이다. 또다른 실시예들에서는, 프린트 헤드 또는 물체의 비 카테시안(non-Cartesian) 이동이 사용될 것이며 분사 방향은 층마다 또는 층의 일부분 마다 변할 수 있다.

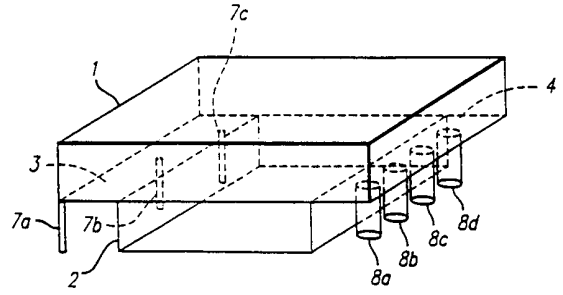
본 명세서에 기재된 상기 상세한 설명에서 몇 가지 실시예들이 설명되었지만, 이러한 실시예들은 상기 개시된 주제에만 적합한 것으로 고려되지는 않을 것이다. 더우기, 본 명세서는 용이한 이해를 돕는 데 이용되었지만, 상세한 설명에 열거된 특정한 주제에 관련된 모든 개시는 일부분으로 제한하자는 의도는 아니다. 본 명세서에 개시된 모든 실시예들은 독립적으로 사용되거나, 또는 본 명세서에 개시된 다른 실시예들과 조합하여 사용될 수 있다.

본 발명의 실시예들과 그 응용이 도시되고 설명되었지만, 본 기술분야에 숙련된 당업자는 본 발명의 구상으로부터 벗어나지 않으면서 다양한 수정을 가할 수 있다는 것이 명백할 것이다.

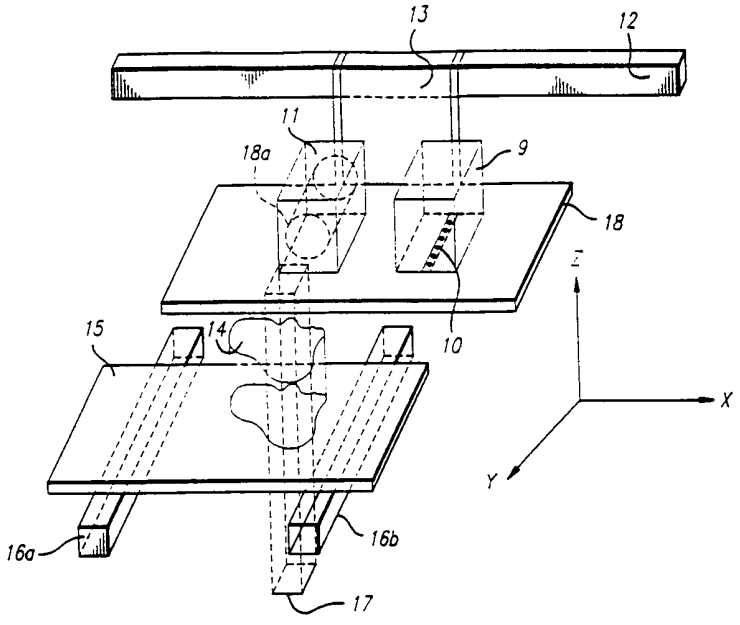
[도 1X]



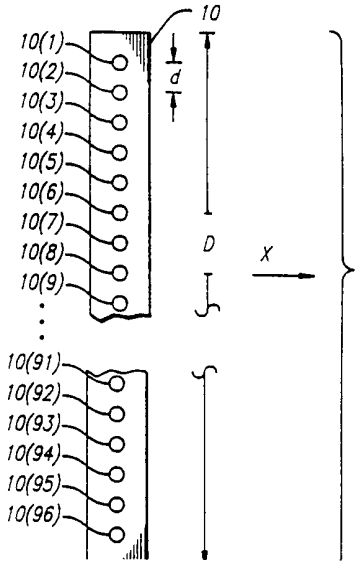
[도 2X]



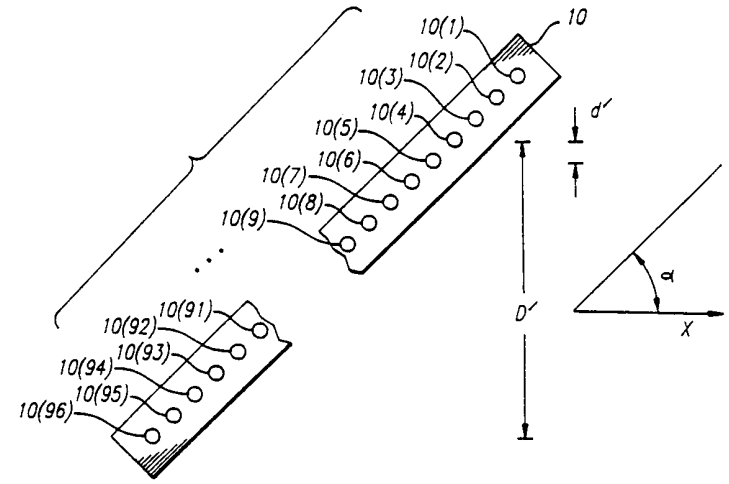
[도 3X]



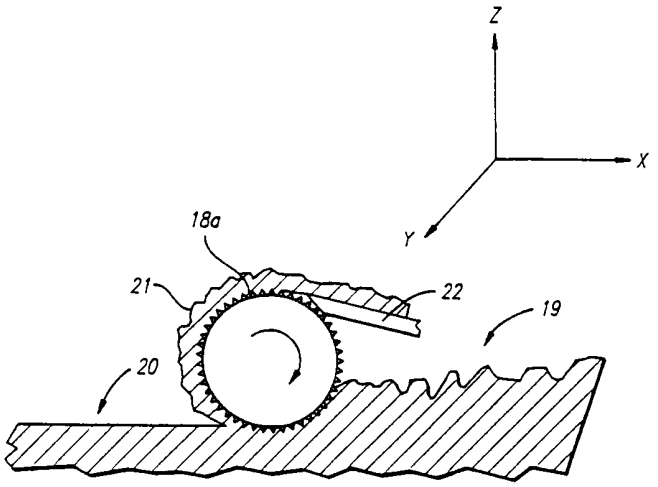
[도 4Xa]


10
10(1)
10(2)
10(3)
10(4)
10(5)
10(6)
10(7)
10(8)
10(9)
10(91)
10(92)
10(93)
10(94)
10(95)
10(96)
d
D
X

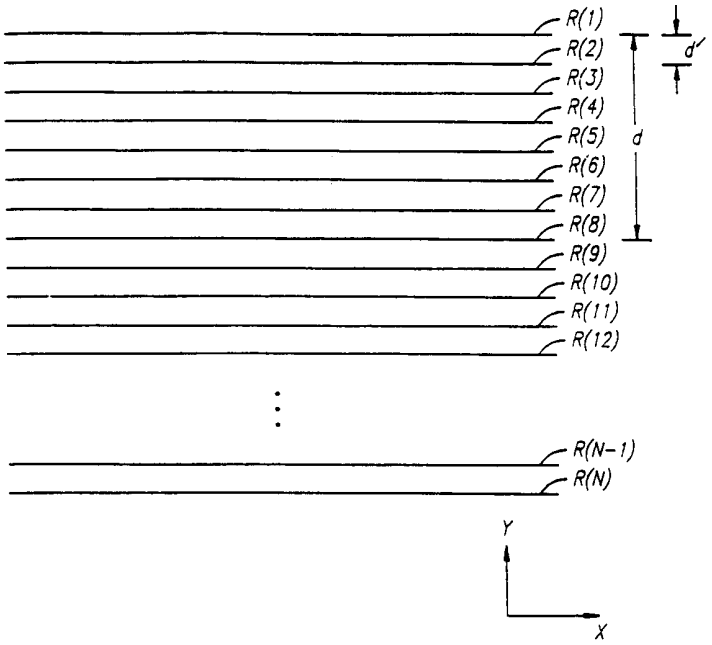
[도 4Xb]


10
10(1)
10(2)
10(3)
10(4)
10(5)
10(6)
10(7)
10(8)
10(9)
10(91)
10(92)
10(93)
10(94)
10(95)
10(96)
d'
D'
α
X

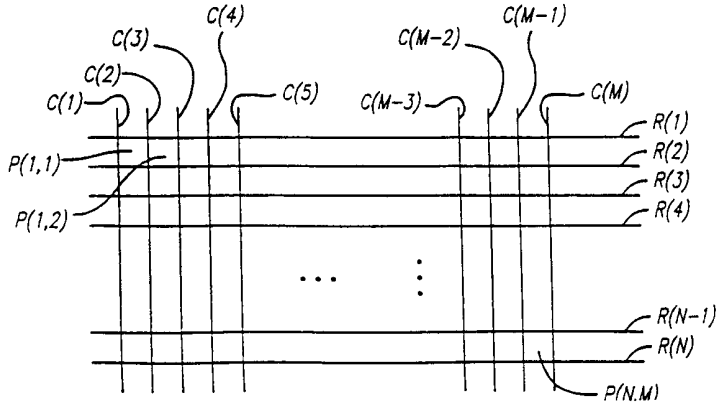
[도 5X]


Z
X
Y
18a
21
22
19
20

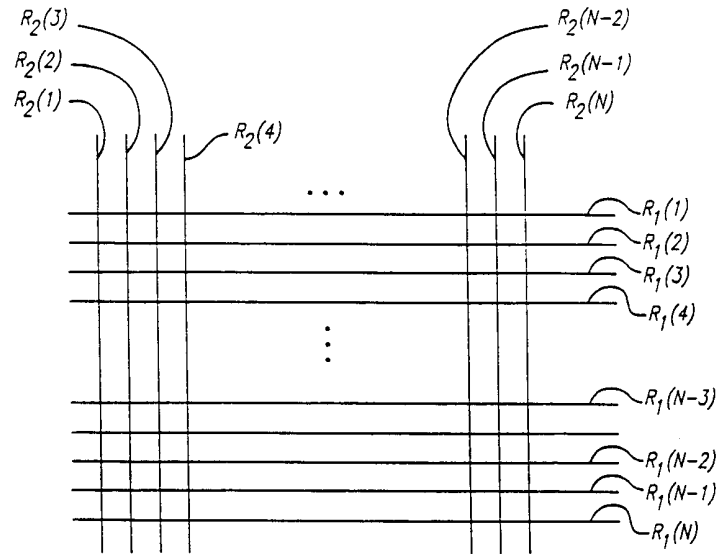
[도 6X]


R(1)
R(2)
R(3)
R(4)
R(5)
R(6)
R(7)
R(8)
R(9)
R(10)
R(11)
R(12)
R(N-1)
R(N)
d'
d
Y
X

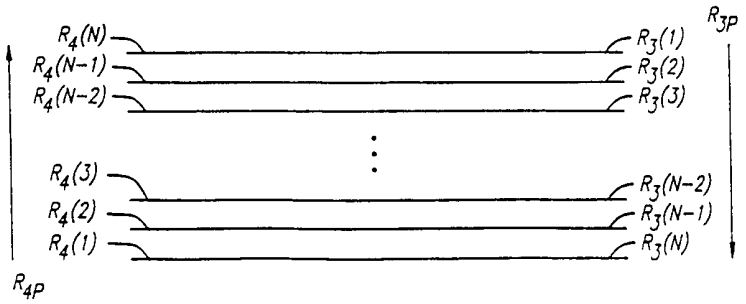
[도 7X]


C(1)
C(2)
C(3)
C(4)
C(5)
C(M-3)
C(M-2)
C(M-1)
C(M)
P(1,1)
P(1,2)
R(1)
R(2)
R(3)
R(4)
R(N-1)
R(N)
P(N,M)

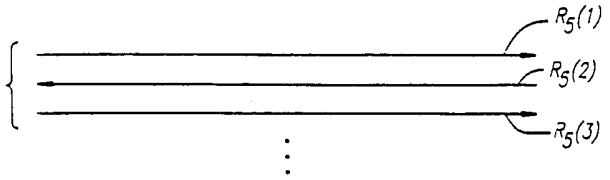
[도 8X]


R2(1)
R2(2)
R2(3)
R2(4)
R2(N-2)
R2(N-1)
R2(N)
R1(1)
R1(2)
R1(3)
R1(4)
R1(N-3)
R1(N-2)
R1(N-1)
R1(N)

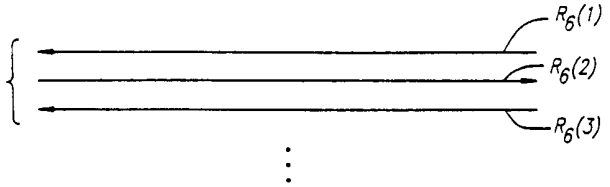
[도 9X]



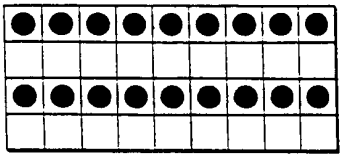
[도 10Xa]



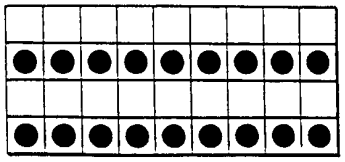
[도 10Xb]



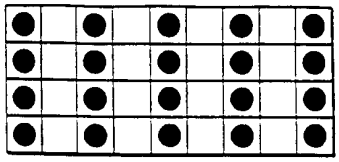
[도 11Xa]



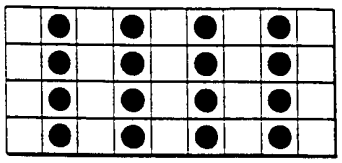
[도 11Xb]



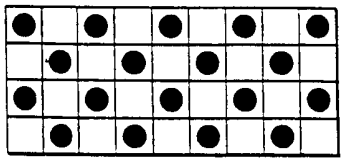
[도 12Xa]



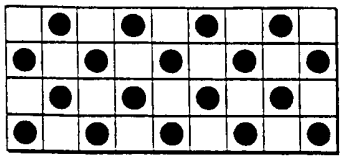
[도 12Xb]



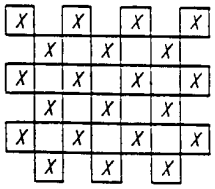
[도 13Xa]



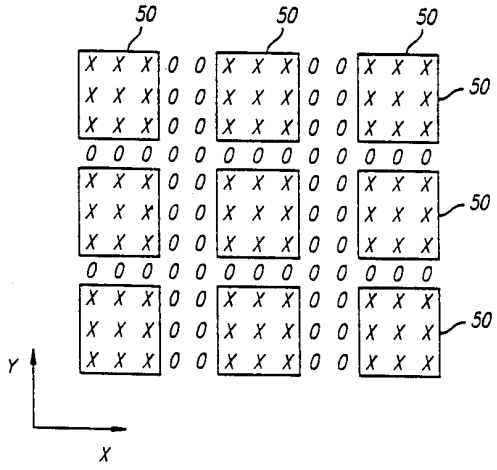
[도 13Xb]



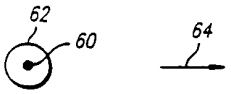
[도 14X]



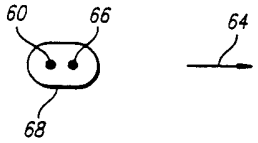
[도 15X]



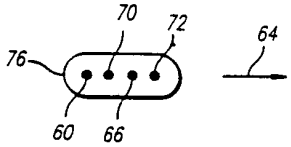
[도 16Xa]



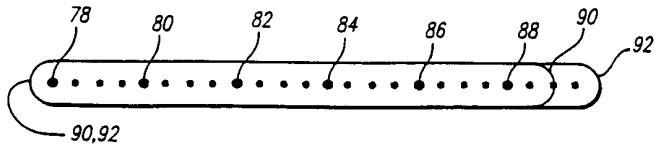
[도 16Xb]



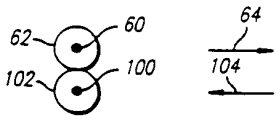
[도 16Xc]



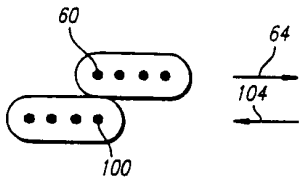
[도 16Xd]



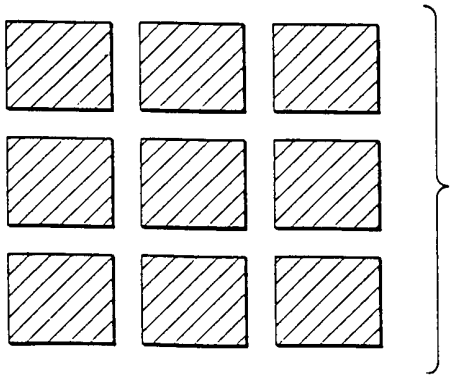
[도 17Xa]



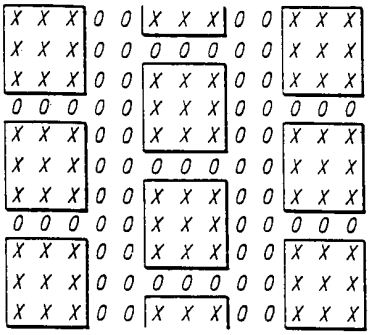
[도 17Xb]



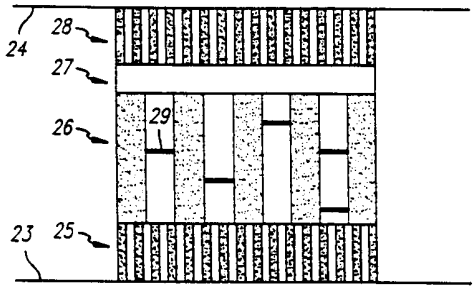
[도 18X]



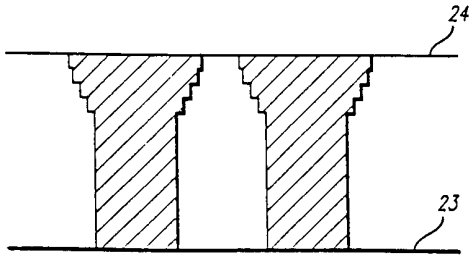
[도 19X]



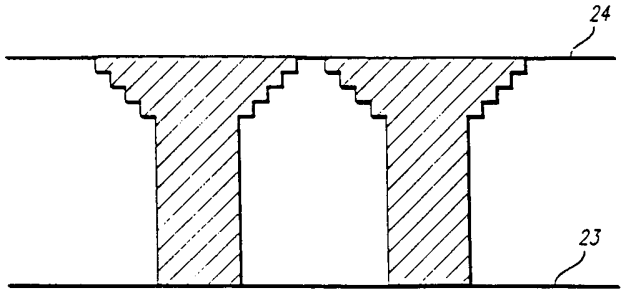
[도 20X]



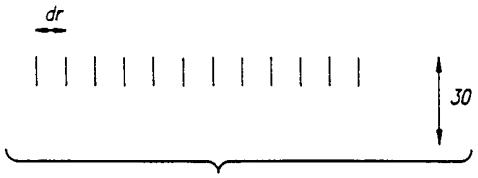
[도 21Xa]



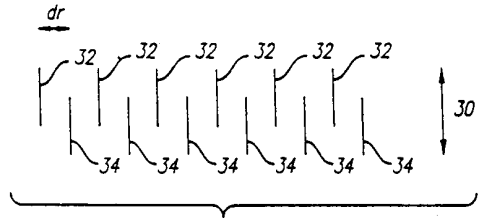
[도 21Xb]



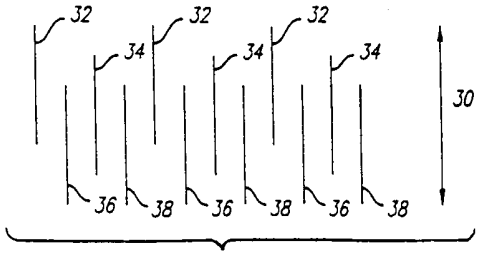
[도 22Xa]



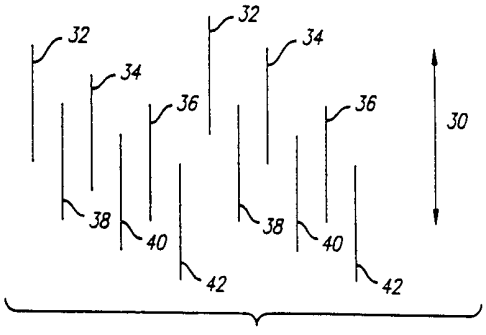
[도 22Xb]



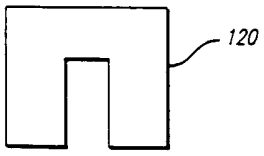
[도 22Xc]



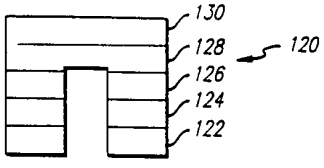
[도 22Xd]



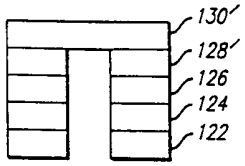
[도 23Xa]



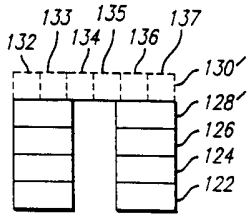
[도 23Xb]



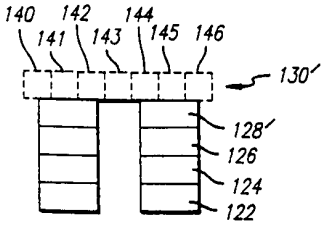
[도 23Xc]



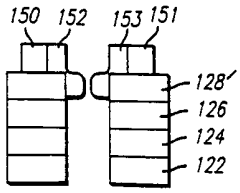
[도 23Xd]



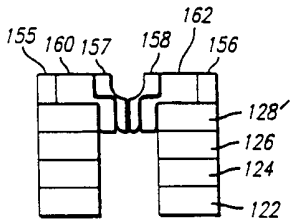
[도 23Xe]



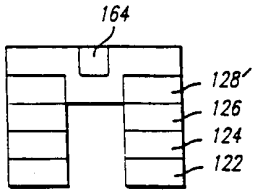
[도 23Xf]



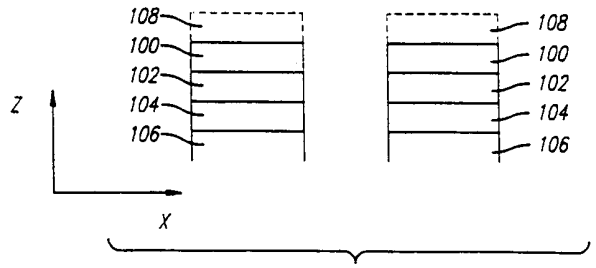
[도 23Xg]



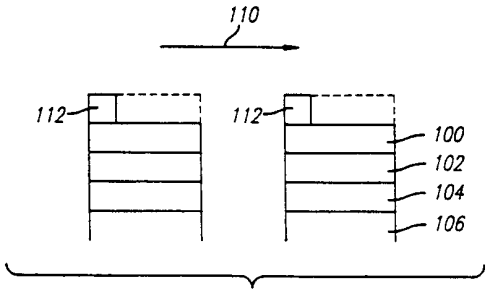
[도 23Xh]



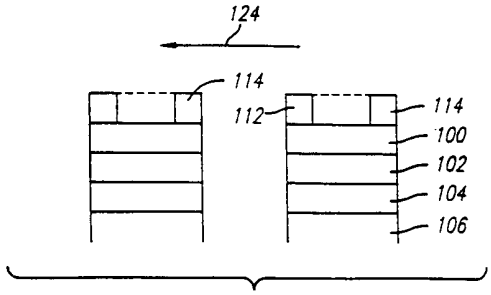
[도 24Xa]



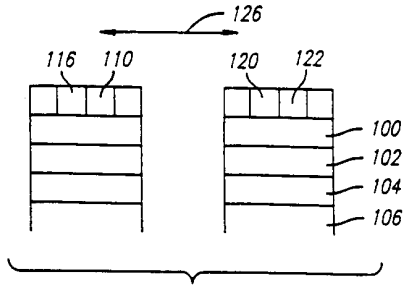
[도 24Xb]



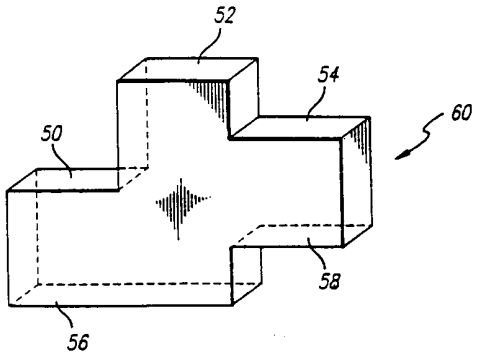
[도 24Xc]



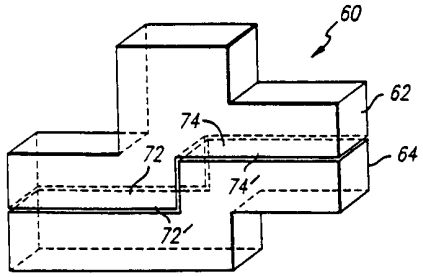
[도 24Xd]



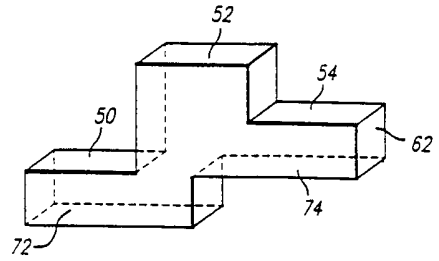
[도 25Xa]



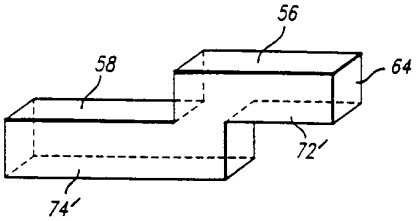
[도 25Xb]



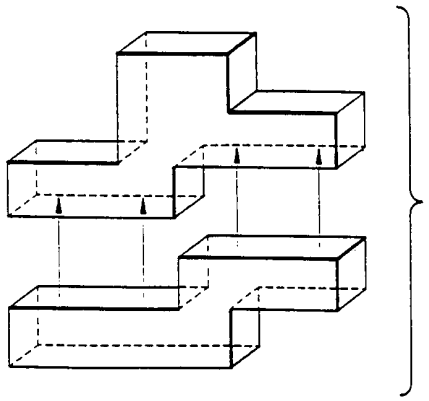
[도 25Xc]



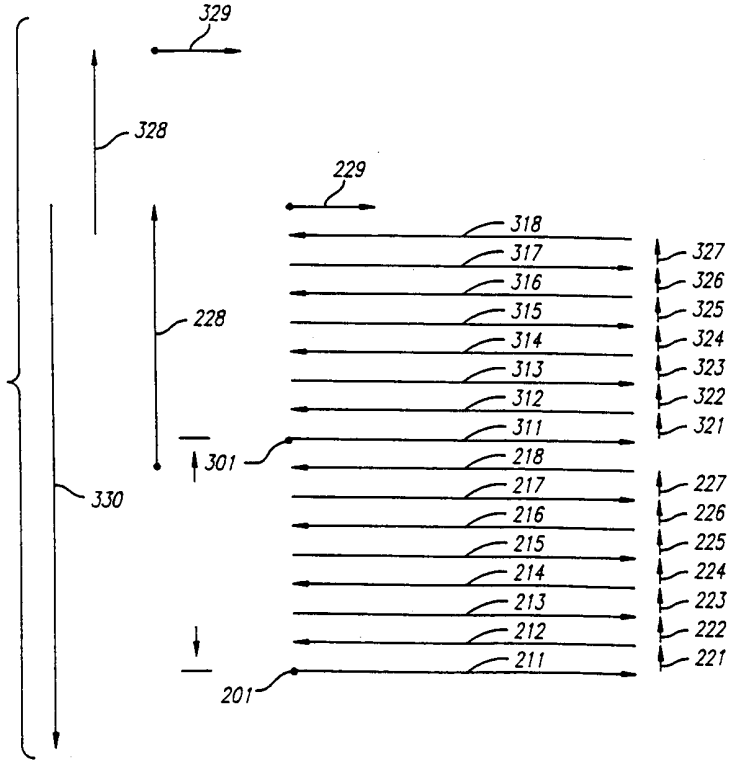
[도 25Xd]



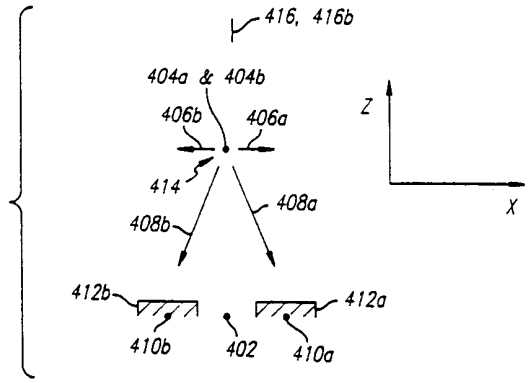
[도 25Xe]



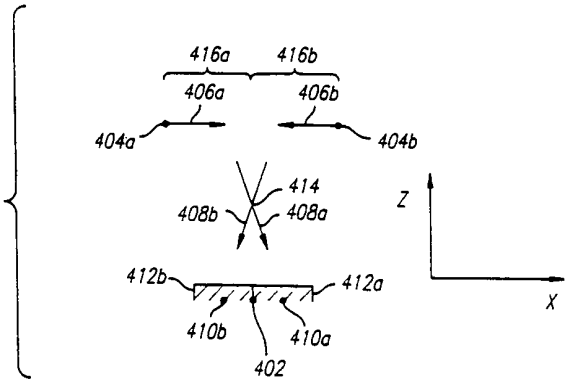
[도 26X]



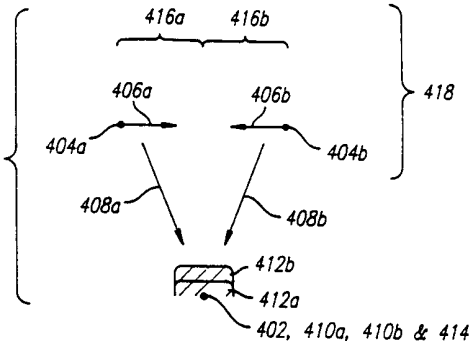
[도 27Xa]



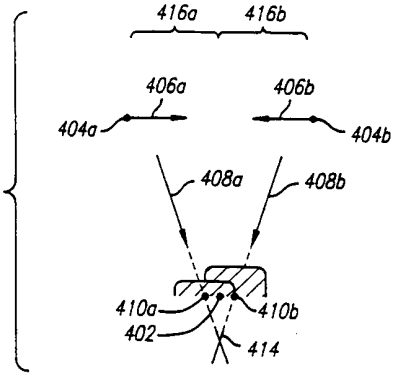
[도 27Xb]



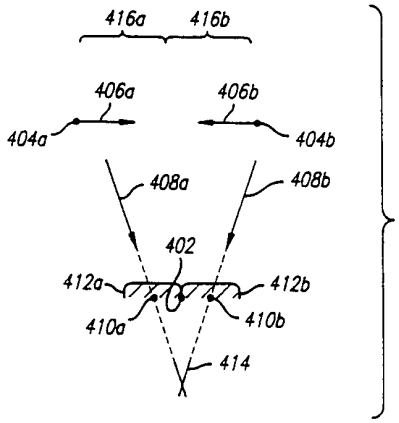
[도 27Xc]



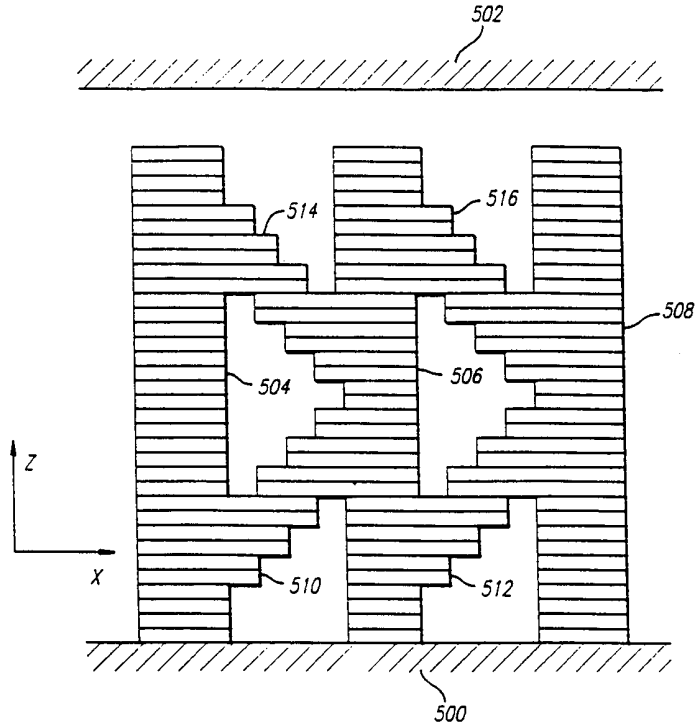
[도 27Xd]



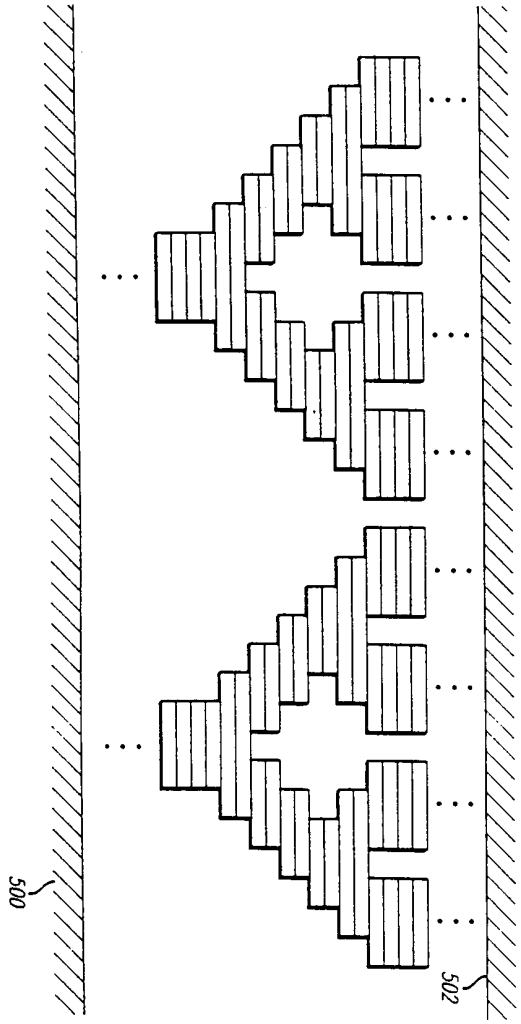
[도 27Xe]


416a
416b
406a
406b
404a
404b
408a
408b
402
412a
412b
410a
410b
414

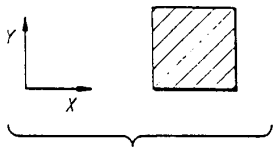
[도 28Xa]


502
514
516
508
504
506
Z
X
510
512
500

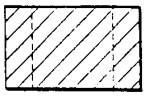
[도 28Xb]



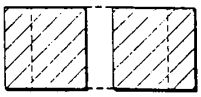
[도 29Xa]



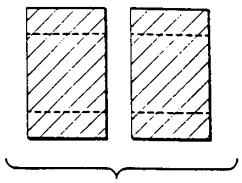
[도 29Xb]



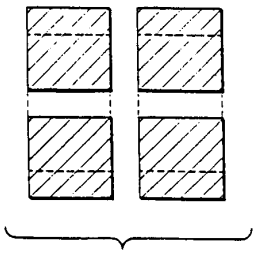
[도 29Xc]



[도 29Xd]

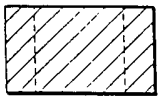


[도 29Xe]

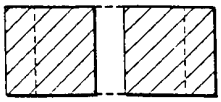


[도 30Xa]

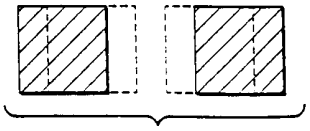
[도 30Xb]



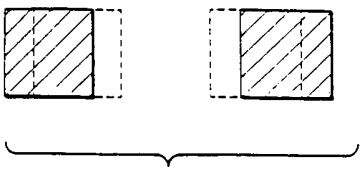
[도 30Xc]



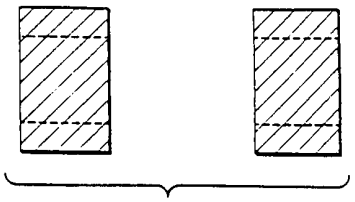
[도 30Xd]



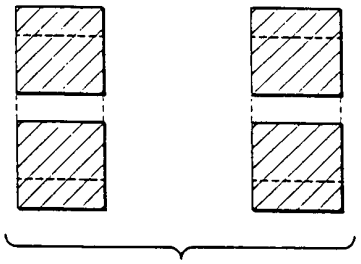
[도 30Xe]



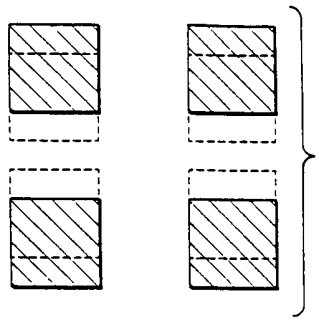
[도 30Xf]



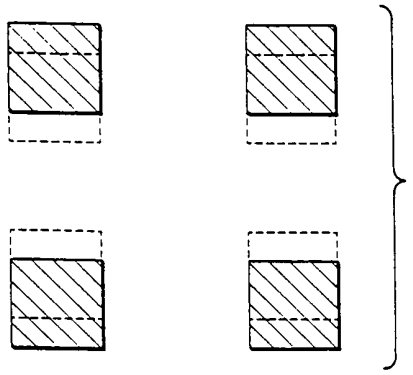
[도 30Xg]



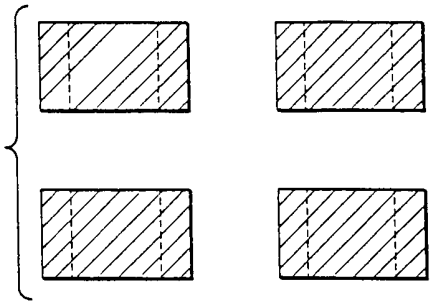
[도 30Xh]



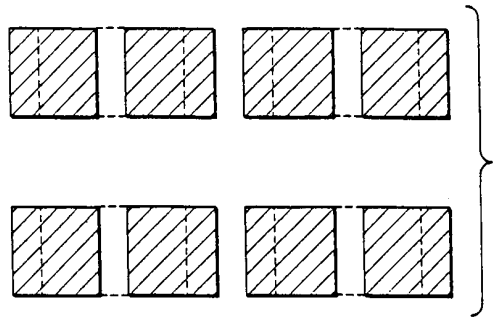
[도 30Xi]



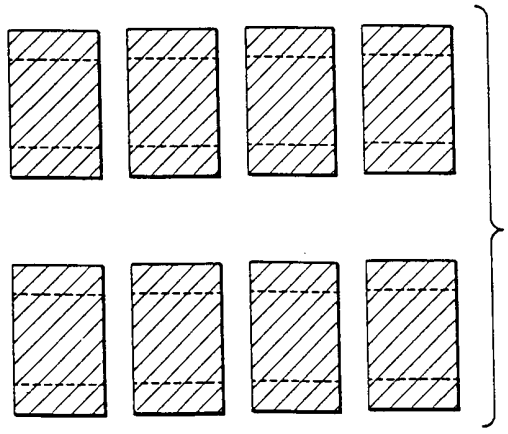
[도 30Xj]



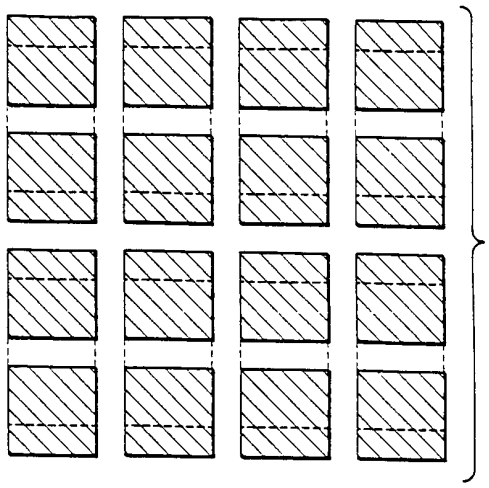
[도 30Xk]



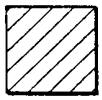
[도 30Xl]



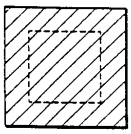
[도 30Xm]



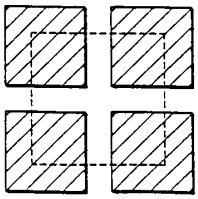
[도 31Xa]



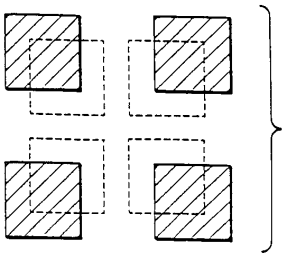
[도 31Xb]



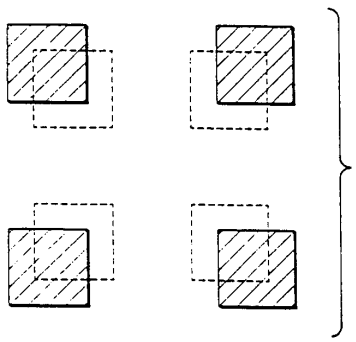
[도 31Xc]



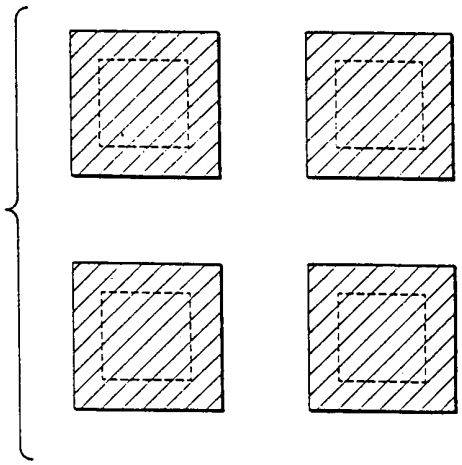
[도 32Xa]



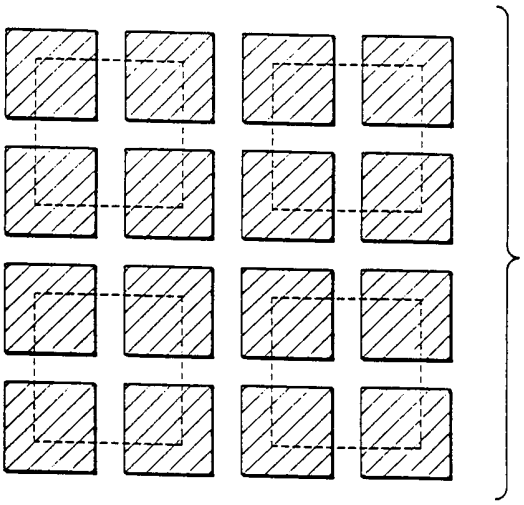
[도 32Xb]



[도 32Xc]



[도 32Xd]



(57) 청구의 범위

청구항 1.
고속 프로토타이핑 시스템에서, 층 기반으로 형성될 3차원 물체의 소정의 층에 대한 서포트 영역을 기술하는 데이터를 생성하는 방법에 있어서,
상기 물체의 각 층에 대한 물체 영역을 기술하는 물체 층 데이터를 제공하는 단계;
상기 소정의 층 위의 상기 물체의 적어도 한 층의 상기 물체 영역의 적어도 일부를 포함하는 제1 영역을 결정하고, 상기 소정의 층의 적어도 일부에 의해 커버되는 평면 영역과 상기 제1 영역 간의 부울 차(boolean difference)에 실질적으로 대응하는 제2 영역을 결정하는 단계; 및
상기 부울 차에 기초하여 상기 소정의 층에 대한 상기 서포트 영역을 정의하는 단계
를 포함하는 방법.

청구항 2.
제1항에 있어서, 상기 고속 프로토타이핑 시스템은 선택적 피착 모델링 시스템인 방법.

청구항 3.
제1항에 있어서, 상기 결정 단계는
상기 소정의 물체 층 위의 모든 물체 영역들의 합병에 의해 커버되는 평면 내의 전체 영역을 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 4.
제1항에 있어서, 상기 제1 영역은 상기 물체의 적어도 한 층의 전체 물체 영역을 포함하는 방법.

청구항 5.
제1항에 있어서, 상기 제2 영역은 상기 소정의 층 전체에 의해 커버되는 상기 평면 영역과 상기 제1 영역 간의 부울 차에 실질적으로 대응하는 방법.

청구항 6.
제1항에 있어서, 상기 제2 영역은 상기 소정의 층의 적어도 일부에 의해 커버되는 상기 평면 영역과 상기 제1 영역 간의 부울 차로서 정의되는 방법.

청구항 7.

3차원 물체를 층 기반으로 형성하기 위한 고속 프로토타이핑 시스템에서, 상기 물체의 대응하는 복수의 층들에 대해 형성되는 서포트 구조의 복수의 층들을 기술하는 데이터를 생성하는 방법에 있어서, 각 물체 층은 제각기의 서포트 구조 층과 연관되며 X-Y 평면 내의 영역을 커버하고, 상기 방법은
상기 복수의 물체 층들의 각 소정의 층에 대해, 상기 소정의 층 위의 적어도 하나의 물체 층의 적어도 일부에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 전체 영역을 결정하는 단계;
상기 복수의 물체 층들의 각 소정의 층에 대해, 상기 소정의 물체 층의 적어도 일부에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 영역과 상기 전체 영역 간의 부울 차에 실질적으로 대응하는 X-Y 평면 내의 영역을 결정하는 단계; 및
상기 복수의 물체 층들의 각 소정의 층에 대해, 상기 소정의 물체 층과 연관된 상기 서포트 구조층을 정의하기 위해, 상기 물체 층에 대해 결정된 상기 부울 차에 실질적으로 대응하는 서포트 층 데이터를 생성하는 단계
를 포함하는 방법.

청구항 8.

제7항에 있어서,
상기 소정의 층 위의 적어도 하나의 물체 층의 적어도 일부에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 전체 영역을 결정하는 상기 단계는
상기 소정의 층 위의 상기 물체 층들 모두의 결합에 의해 커버된 X-Y 평면 내의 전체 영역을 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 9.

제7항에 있어서, 상기 복수의 물체 층들은 상기 물체의 연속하는 층들을 포함하고,
상기 방법은 상기 복수의 연속하는 물체 층들 각각에 대해 상기 서포트 층 데이터를 저장하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 10.

제7항에 있어서, 상기 복수의 물체 층들은 상기 물체의 연속하는 층들을 포함하고,
상기 방법은 N번째 연속한 물체 층 각각에 대해, 상기 서포트 층 데이터를 저장하는 단계를 더 포함하고, N은 1보다 큰 수인 방법.

청구항 11.

제8항에 있어서, 각 소정의 물체 층에 대해, 상기 소정의 층 위의 상기 물체의 모든 층들의 결합에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 전체 영역을 결정하는 상기 단계는,
상기 물체의 각 연속한 층에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 영역들의 계속 이어진 전체를, 최상층으로부터 아래로 유지하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 12.

제11항에 있어서, 상기 물체의 각 연속하는 층의 계속 이어진 전체를 나타내는 데이터를 저장하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 13.

제11항에 있어서, 상기 물체의 각 N번째 층의 계속 이어진 전체를 나타내는 데이터를 저장하는 단계와,
각 N번째 층 사이의 층들의 계속 이어진 전체를 버리는 단계를 더 포함하고, N은 1보다 큰 수인 방법.

청구항 14.

제13항에 있어서, N은 100인 방법.

청구항 15.

제7항에 있어서,
상기 첫 번째 결정 단계는, 각 물체 층에 대해, 상기 소정의 층 위의 상기 물체의 모든 층들의 결합에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 전 영역에 대응하는 전체 영역 데이터를 제공하는 단계를 포함하고,
상기 두 번째 결정 단계는, 각 물체 층에 대해, 상기 소정의 물체 층에 의해 커버된 X-Y 평면 내의 영역에 대응하는 물체 층 영역 데이터를 제공하는 단계와, 상기 전체 영역 데이터에 대응하는 영역과 상기 물체 층 영역 데이터에 대응하는 영역 간의 부울 차를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 16.

제15항에 있어서, 각 소정의 물체 층에 대한 상기 물체 층 영역 데이터는 상기 물체 내의 소정의 층 위치에서 상기 물체의 단면의 런 렝스 인코드된 표현을 포함하는 방법.

청구항 17.

제15항에 있어서, 각 소정의 물체 층에 대한 상기 물체 층 영역 데이터는 상기 소정의 층 위치에서 상기 물체의 X-Y 평면 단면 내의 복수의 스캔 라인들에 대응하는 데이터를 포함하고, 래스터 스캔 라인들은 복수의 각 Y 점에 위치되어 X 방향으로 연장되는 방법.

청구항 18.

제17항에 있어서, 복수의 스캔 라인들에 대응하는 상기 데이터는 상기 소정의 층 위치에서 상기 물체의 X-Y 평면 단면 바운더리 상의 시작 및 정지 점들을 정의하는 데이터를 포함하는 방법.

청구항 19.

제7항에 있어서, 상기 생성 단계는, 각 소정의 물체 층에 대해, 상기 소정의 물체 층에 대해 결정된 상기 부울 차 영역과 실질적으로 동일한 공간에 걸쳐 있고, 상기 소정의 물체층에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 영역과 이격되어 있는 X-Y 평면 내의 영역을 정의하는 서포트 층 데이터를 생성하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 20.
제7항에 있어서, 상기 소정의 층 위의 적어도 하나의 물체 층의 상기 적어도 일부는 상기 소정의 층 위의 적어도 하나의 완전한 물체 층을 포함하는 방법.

청구항 21.
제7항에 있어서, 상기 부울 차에 실질적으로 대응하는 X-Y 평면 내의 상기 영역은 상기 소정의 물체 층의 상기 적어도 일부에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 상기 영역의 상기 전체 영역으로부터의 부울 차로서 정의되는 영역을 포함하는 방법.

청구항 22.
제7항에 있어서, 상기 소정의 물체 층의 상기 적어도 일부는 상기 소정의 물체 층의 전체를 포함하는 방법.

청구항 23.
복수의 물체 층들을 대응하는 복수의 서포트 구조 층들을 이용하여 형성함으로써 층 기반으로 3차원 물체를 형성하는 고속 프로토타이핑 시스템에 있어서, 각 물체 층은 제각기의 서포트 구조 층과 연관되며 X-Y 평면 내의 영역을 커버하고, 상기 시스템은
프로그래머블 프로세서와, 상기 프로세서를 제어하기 위한 프로그램을 저장 하는 컴퓨터 판독가능 매체 - 상기 프로그램은
상기 복수의 물체 층들의 각 소정의 층에 대해, 상기 소정의 물체 층의 적어도 일부에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 영역에 대응하는 물체 층 데이터를 제공하고;
상기 복수의 물체 층들의 각 소정의 층에 대해, 상기 소정의 물체 층 위의 적어도 하나의 물체 층의 적어도 일부에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 전체 영역을 결정하고,
상기 복수의 물체 층들의 각 소정의 층에 대해, 상기 소정의 물체 층의 적어도 일부에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 영역과 상기 전체 영역 간의 부울 차에 대응하는 X-Y 평면 내의 영역을 결정하고,
상기 복수의 물체 층들의 각 소정의 층에 대해, 상기 소정의 물체 층과 연관된 상기 서포트 구조 층을 정의하기 위해, 상기 물체 층에 대해 결정된 부울 차 영역에 실질적으로 대응하는 서포트 층 데이터를 생성하도록 상기 프로세서를 제어함- ; 및
상기 프로그래머블 프로세서에 동작상 커플링되어, 상기 소정의 물체 층에 대해 제공된 상기 물체 층 데이터를 기초로 각 소정의 물체 층을 형성하고, 상기 소정의 물체 층에 대해 생성된 상기 서포트 층 데이터를 기초로 상기 소정의 물체 층과 연관된 상기 서포트 구조 층을 형성하는 장치
를 포함하는 시스템.

청구항 24.
제23항에 있어서, 상기 소정의 물체 층 위의 적어도 하나의 물체 층의 적어도 일부에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 상기 전체 영역은 상기 소정의 물체 층 위의 모든 물체 층들의 결합에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 전체 영역을 포함하는 시스템.

청구항 25.
제23항에 있어서, 각 소정의 물체 층과 서포트 구조 층을 형성하는 상기 장치는
각 물체 층을 형성하고 그와 연관된 서포트 구조 층을, 그 다음 물체 층과 서포트 구조 층을 형성하기 전에, 형성하는 수단을 포함하는 장치를 포함하는 시스템.

청구항 26.
제23항에 있어서, 각 소정의 물체 층과 서포트 구조 층을 형성하는 상기 장치는 선택적 피착 장치를 포함하는 시스템.

청구항 27.
제23항에 있어서, 각 소정의 물체 층과 서포트 구조 층을 형성하는 상기 장치는,
프린트 헤드;
상기 프린트 헤드를 제어하여 비-고체 상태의 고화가능(solidifiable) 매체를 상기 매체 물질의 고화를 촉발하는 분위기 내로 선택적으로 디스펜스하는 프린트 헤드 콘트롤러
를 포함하는 시스템.

청구항 28.
제23항에 있어서, 상기 복수의 물체 층들은 상기 물체의 연속하는 층들을 포함하고,
상기 시스템은, 상기 복수의 연속하는 물체 층들 각각에 대해, 상기 서포트 층 데이터를 저장하기 위한 메모리를 더 포함하는 시스템.

청구항 29.
제23항에 있어서, 상기 복수의 물체 층들은 상기 물체의 연속하는 층들을 포함하고,
상기 시스템은, 각 N번째 연속하는 물체 층에 대해, 상기 서포트 층 데이터를 저장하기 위한 메모리를 더 포함하고, N은 1보다 큰 수인 시스템.

청구항 30.
제23항에 있어서, 상기 프로세서는 상기 물체의 각 연속하는 층에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 영역들의 계속 이어진 전체를 최상층으로부터 아래로 유지하도록 프로그램되는 시스템.

청구항 31.
제30항에 있어서, 상기 물체의 각 연속하는 층의 상기 계속 이어진 전체를 나타내는 데이터를 저장하기 위한 메모리를 더 포함하는 시스템.

청구항 32.
제30항에 있어서, 상기 물체의 각 N번째 층의 계속 이어진 전체를 나타내는 데이터를 저장하고, 각 N번째 층 사이의 층들의 계속 이어진 전체들을 버리는 메모리를 더 포함하고, N은 1보다 큰 수인 시스템.

청구항 33.
제23항에 있어서, 상기 저장된 프로그램은 상기 프로세서를 제어하여, 각 소정의 물체 층에 대해, 상기 소정의 물체 층에 대해 결정된 상기 부울 차 영역과 실질적으로 동일한 공간에 걸쳐 있고, 상기 소정의 물체 층에 의해 커버되는 X-Y 평면으로부터 이격된 X-Y 평면 내의 영역을 정의하는 서포트 층 데이터를 생성하도록 상기 프로세서를 제어하는 시스템.

청구항 34.
층 기반으로 3차원 물체를 형성하는 고속 프로토타이핑 방법에 있어서, 각 물체 층은 제각기의 서포트 구조 층과 연관되며 X-Y 평면 내의 영역을 커버하고, 상기 방법은
각 소정의 물체 층에 대해, 상기 소정의 층에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 상기 영역에 대응하는 물체 층 데이터를 제공하는 단계;
각 소정의 물체 층들에 대해, 상기 소정의 층 위의 적어도 하나의 물체 층의 적어도 일부에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 전체 영역에 대응하는 전체 영역 데이터를 결정하고,
각 소정의 물체 층들에 대해, 상기 소정의 물체 층의 적어도 일부에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 영역의 상기 전체 영역과의 부울 차에 실질적으로 대응하는 X-Y 평면 내의 영역을 결정하고,
각 소정의 물체 층들에 대해, 상기 소정의 물체 층과 연관된 상기 서포트 구조 층 내의 영역을 정의하기 위해, 상기 물체 층에 대해 결정된 상기 부울 차 영역에 실질적으로 대응하는 서포트 층 데이터를 생성하는 단계;
상기 소정의 층에 대해 제공된 상기 물체 층 데이터를 기초로 각 소정의 물체 층을 형성하고, 상기 소정의 물체 층에 대해 생성된 상기 서포트 구조 층 데이터를 기초로 상기 소정의 물체 층과 연관된 상기 서포트 구조 층을 형성하는 단계
를 포함하는 방법.

청구항 35.
복수의 물체 층들을 대응하는 복수의 서포트 구조 층들을 이용하여 형성함으로써 층 기반으로 3차원 물체를 형성하는 고속 프로토타이핑 시스템에 있어서, 각 물체 층은 제각기의 서포트 구조 층과 연관되며 X-Y 평면 내의 영역을 커버하고, 상기 시스템은
상기 복수의 물체 층들의 각 소정의 층에 대해, 상기 소정의 물체 층에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 상기 영역에 대응하는 물체 층 데이터를 제공하는 수단;
상기 복수의 물체 층들의 각 소정의 층에 대해, 상기 소정의 물체 층 위의 적어도 하나의 물체 층의 적어도 일부에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 전체 영역을 결정하는 수단;
상기 복수의 물체 층들의 각 소정의 층에 대해, 상기 소정의 물체 층의 적어도 일부에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 상기 영역과 상기 전체 영역 간의 부울 차에 실질적으로 대응하는 X-Y 평면 내의 영역을 결정하는 수단;
상기 복수의 물체 층들의 각 소정의 층에 대해, 상기 소정의 물체 층과 연관된 상기 서포트 구조 층을 정의하기 위해, 상기 물체 층에 대해 결정된 상기 부울 차 영역에 실질적으로 대응하는 서포트 층 데이터를 생성하는 수단; 및
상기 소정의 물체 층에 대해 제공된 상기 물체 층 데이터를 기초로 각 소정의 물체 층을 형성하고, 상기 소정의 물체 층에 대해 생성된 상기 서포트 층 데이터를 기초로 상기 소정의 물체 층과 연관된 상기 서포트 구조 층을 형성하는 수단
을 포함하는 시스템.

청구항 36.
X-Y 평면 내의 제각기의 영역을 각각 커버하는 3차원 물체의 복수의 층들에 대응하여 연관되는 서포트 구조의 복수의 층들을 기술하는 데이터를 생성하는 프로세서를 제어하기 위한 프로그램을 보유한 컴퓨터 판독가능 매체에 있어서, 상기 프로그램은
각 물체 층에 대해, 상기 소정의 층 위의 적어도 하나의 물체 층의 적어도 일부에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 전체 영역을 결정하는 단계;
각 물체 층에 대해, 상기 소정의 물체 층의 적어도 일부에 의해 커버되는 X-Y 평면 내의 상기 영역의 상기 전체 영역으로부터의 부울 차에 실질적으로 대응하는 X-Y 평면 내의 영역을 결정하는 단계; 및
각 물체 층에 대해, 상기 소정의 물체 층과 연관된 상기 서포트 구조 층을 정의하기 위해, 상기 물체 층에 대해 결정된 상기 부울 차 영역에 실질적으로 대응하는 서포트 층 데이터를 생성하는 단계
를 수행하는 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 37.
층 기반으로 3차원 물체를 형성하는 방법에 있어서, 상기 물체를 정의하는 데이터에 따라 연속하는 물질 층들이 선택적으로 형성되고,
각 층은 유동성 물질의 선택적 피착에 의해 형성되고, 상기 방법은
프린트헤드를 제1 스캐닝 방향으로 이동하는 단계 - 상기 프린트헤드는 상기 제1 방향의 각도로 연달아 산재하는 복수의 오리피스들을 가짐 -
상기 프린트헤드를 제1 스캔 경로를 따라 상기 제1 방향으로 이동하면서 상기 오리피스들로부터 선택으로 물질을 피착하는 단계;

상기 프린트헤드를 상기 제1 방향과 각진 제2 방향으로 이동하는 단계; 및
상기 제1 스캔 경로로부터 오프셋된 제2 스캔 경로를 따라 상기 제1 방향으로 상기 프린트헤드를 이동하면서 상기 오리피스들로부터 물질을 선택적으로 피착하는 단계
를 포함하는 방법.

청구항 38.
제37항에 있어서, 상기 제1 스캔 경로와 오버랩하는 제2 스캔 경로를 더 포함하는 방법.

청구항 39.
제37항에 있어서, 상기 물질은 노광에 의해 큐어가능한 유동성 물질인 방법.

청구항 40.
제37항에 있어서, 상기 오리피스들은 상기 제1 방향으로 가로질러 연달아 산재하는 방법.

청구항 41.
제39항에 있어서, 상기 물질은 UV(ultra-violet) 큐어가능한 방법.

청구항 42.
제39항에 있어서, 상기 물질은 포토폴리머(photopolymer)인 방법.

청구항 43.
제42항에 있어서, 상기 포토폴리머는 포토이니시에이터(photoinitiator)를 포함하는 방법.

청구항 44.
제43항에 있어서, 다음 층을 피착하기 전에 각 피착된 층을 노광하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 45.
제37항에 있어서, 상기 프린트헤드가 상기 제2 방향으로 움직이는 동안 물질은 피착되지 않는 방법.

청구항 46.
제37항에 있어서, 복수의 프린트헤드들을 사용하여 물질을 디스펜스하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 47.
제37항에 있어서, 상기 제2 방향은 상기 제1 스캐닝 방향으로 가로지르는 단 계를 더 포함하는 방법.

청구항 48.
제47항에 있어서, 복수의 프린트헤드들이 상기 제2 방향으로 연달아 어레이되는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 49.
제47항에 있어서, 복수의 프린트헤드들이 상기 제1 방향으로 등을 맞대고 어레이되는 단계를 더 포함하는 방법.

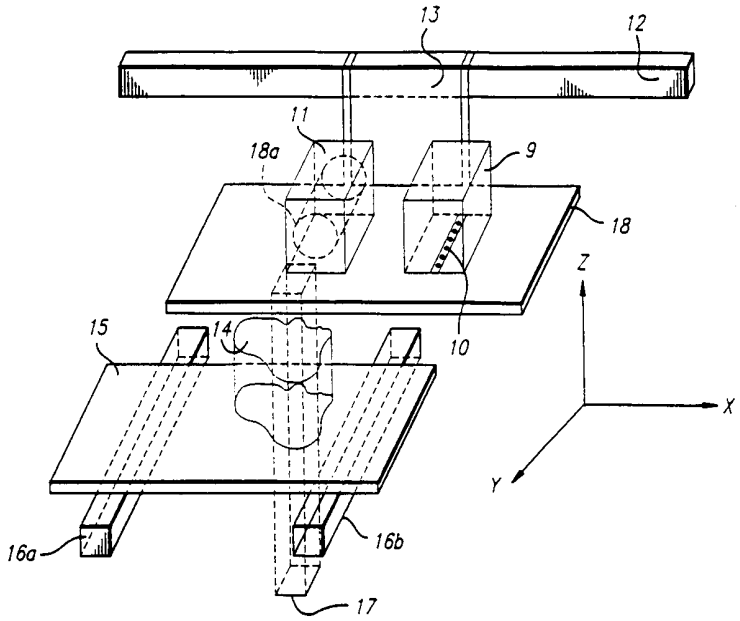
청구항 50.
제49항에 있어서, 복수의 프린트 헤드들이 상기 제2 방향으로 서로 오프셋되는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 51.
제37항에 있어서, 상기 제1 스캐닝 방향으로의 상기 프린트헤드의 이동은 복수의 평행한 래스터 라인들에 따른 방법.

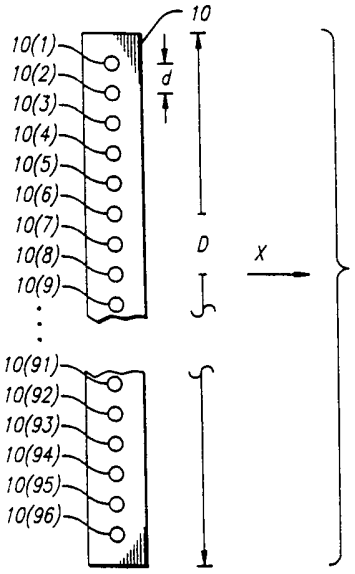
청구항 52.
제51항에 있어서, 상기 제1 방향과 각진 상기 제2 방향으로의 상기 프린트헤드의 이동은 적어도 하나의 래스터 라인과 같은 거리의 이동인 방법.

도면

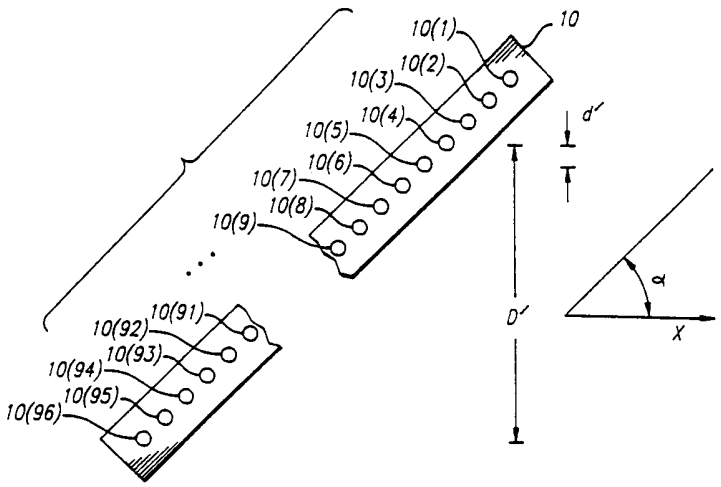
도면1



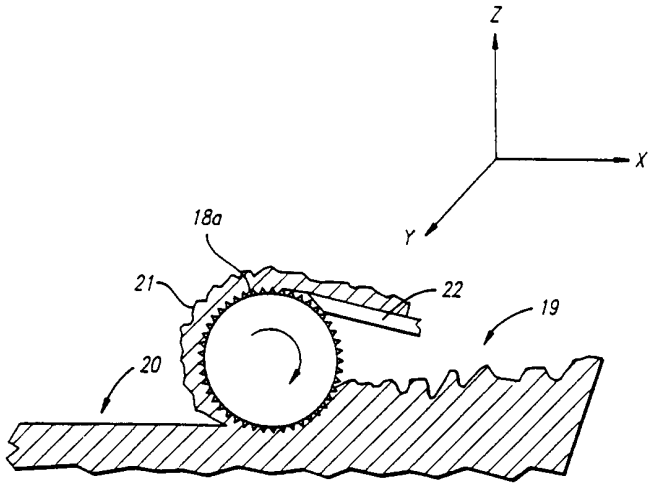
도면2a



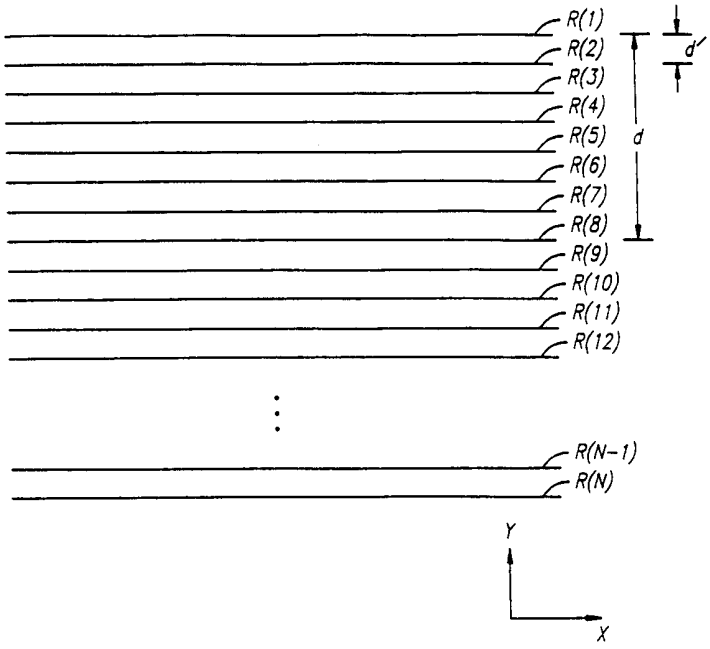
도면2b



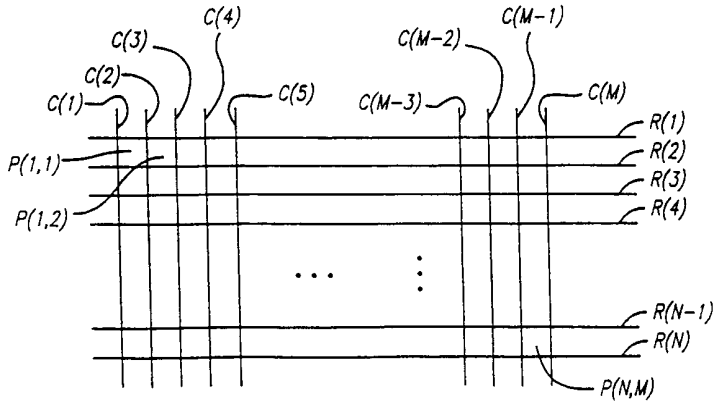
도면3


Z
X
Y
18a
21
22
19
20

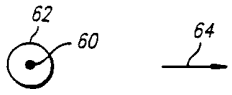
도면4


R(1)
R(2)
R(3)
R(4)
R(5)
R(6)
R(7)
R(8)
R(9)
R(10)
R(11)
R(12)
R(N-1)
R(N)
d'
d
Y
X

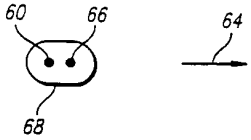
도면5


C(1)
C(2)
C(3)
C(4)
C(5)
C(M-3)
C(M-2)
C(M-1)
C(M)
P(1,1)
P(1,2)
R(1)
R(2)
R(3)
R(4)
R(N-1)
R(N)
P(N,M)

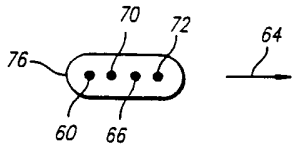
도면6a



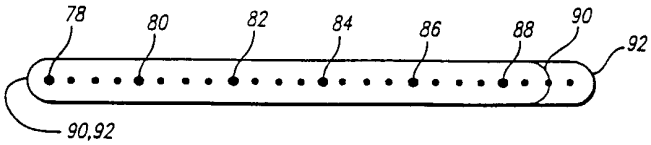
도면6b



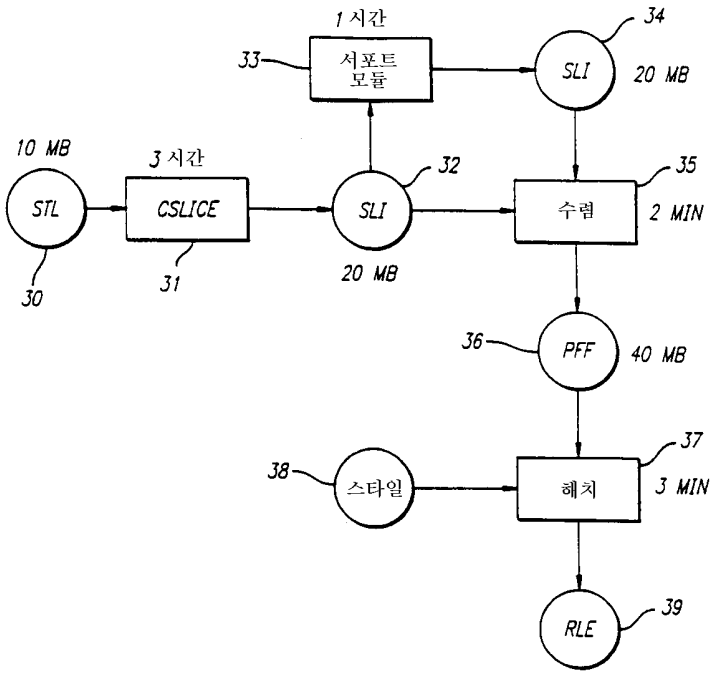
도면6c



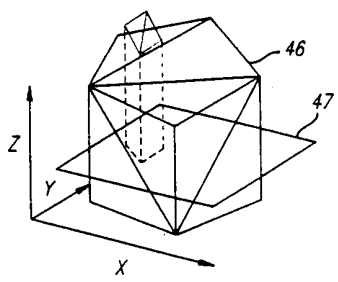
도면6d



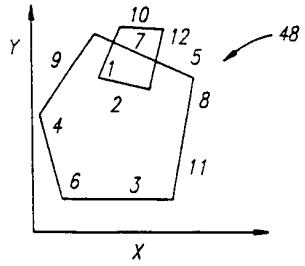
도면7



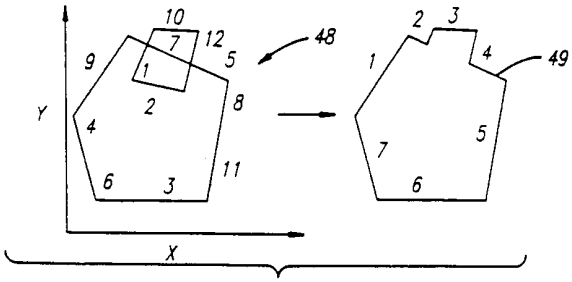
도면8a



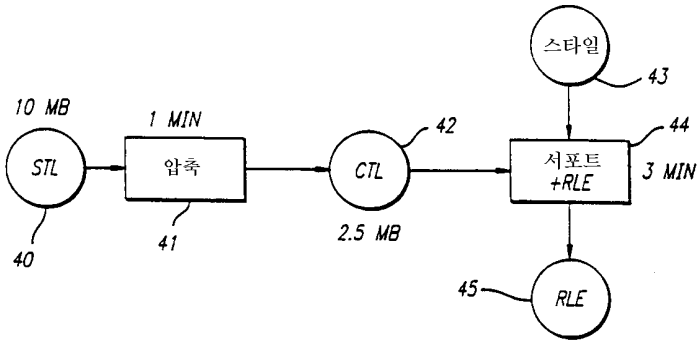
도면8b



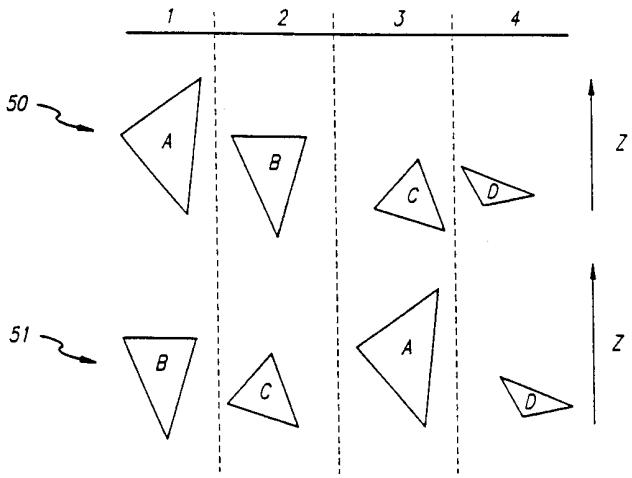
도면9



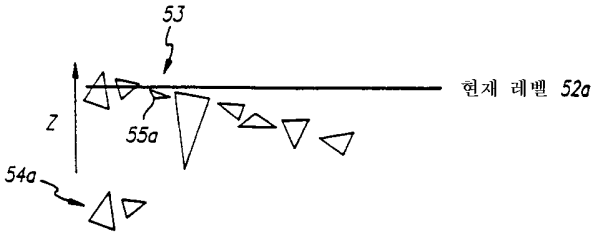
도면10



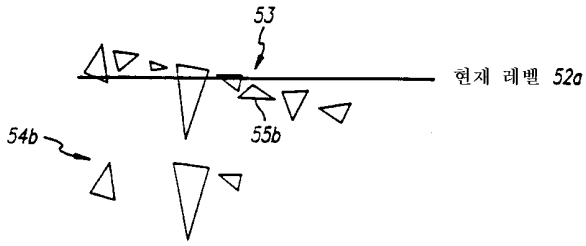
도면11a



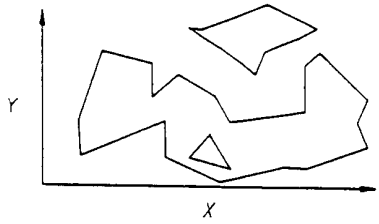
도면11b



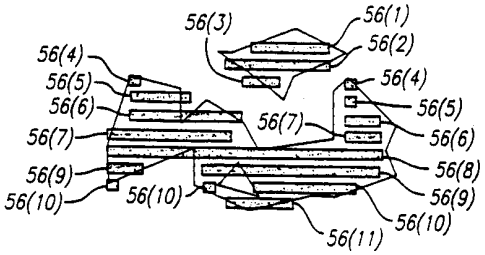
도면11c



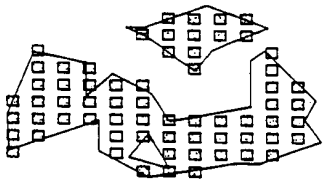
도면12a



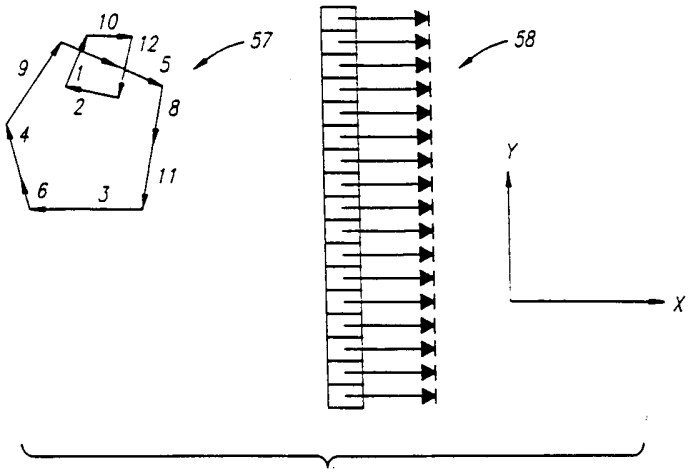
도면12b



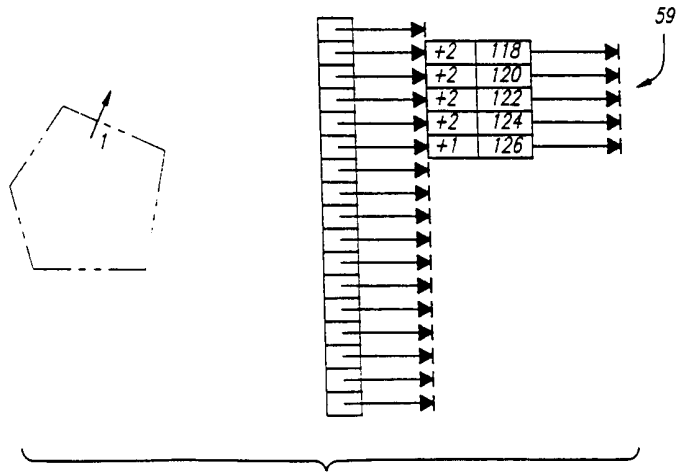
도면12c



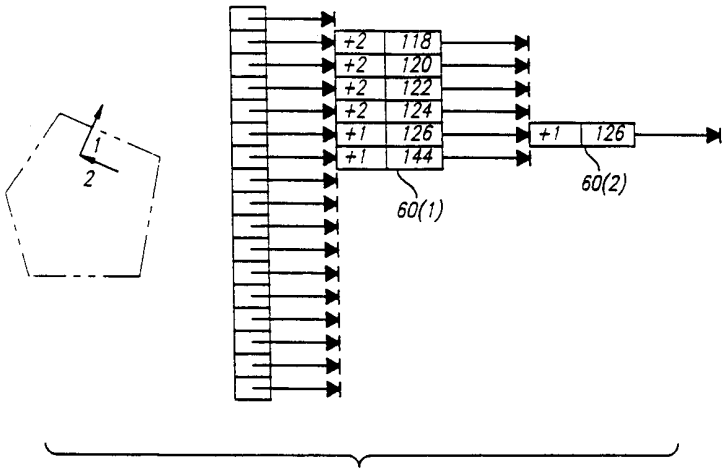
도면13a



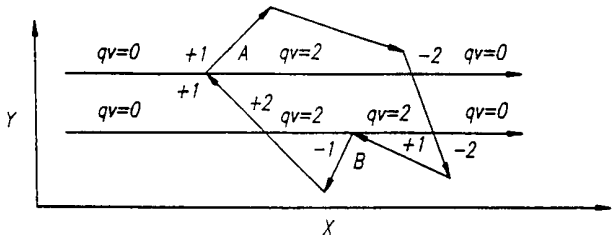
도면13b



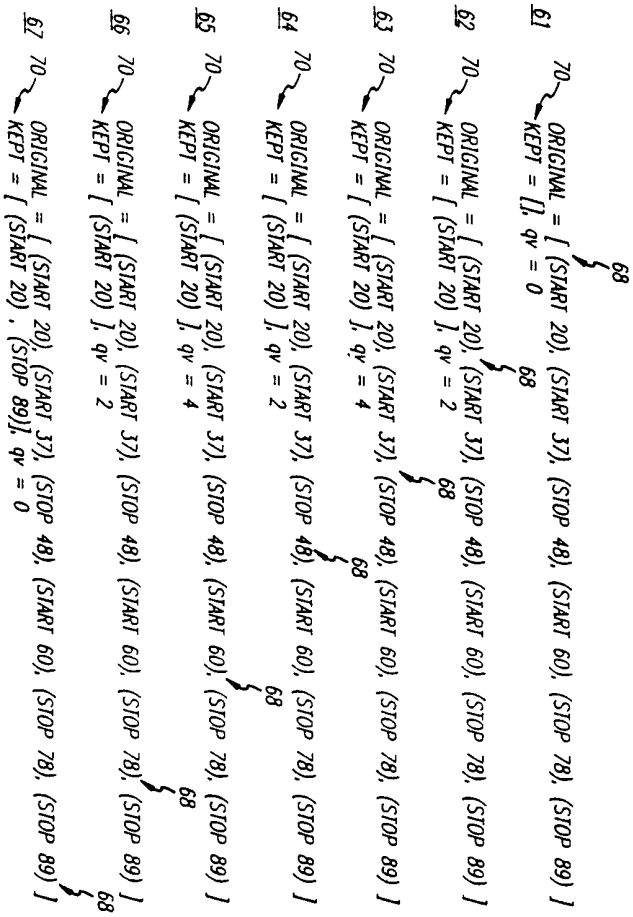
도면13c



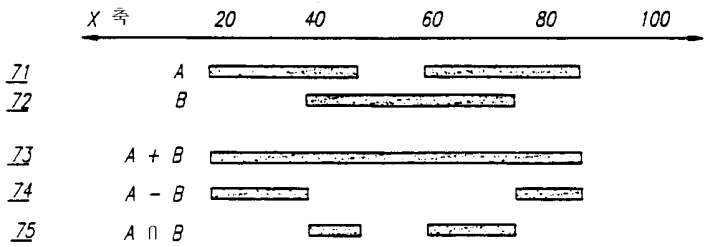
도면14



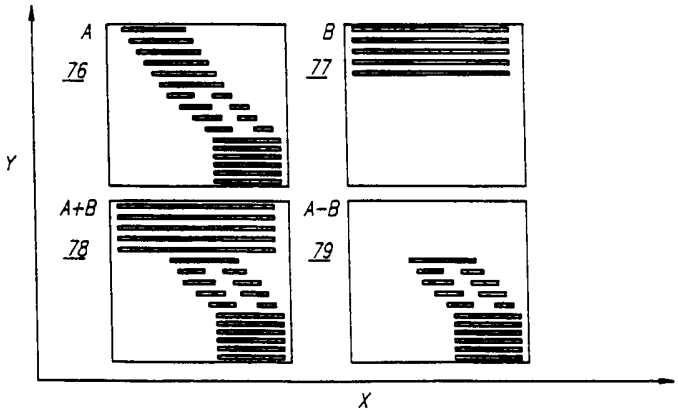
도면15



도면16



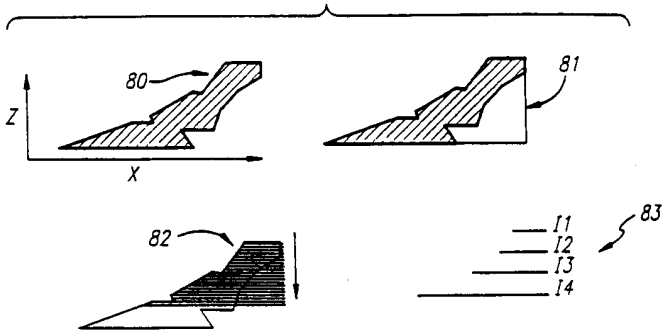
도면17



도면18

```
CURRENT_TOTAL = EMPTY_LAYER;
FOR (LEVEL = TOP; LEVEL >= BOTTOM; LEVEL-= SLICE_THICKNESS)
  {
    PART_FOR_LAYER = GET_PART(LEVEL);
    SUPPORT_FOR_LAYER =
                BOOLEAN_SUBTRACT(CURRENT_TOTAL, PART_FOR_LAYER);
    CURRENT_TOTAL = BOOLEAN_ADD(CURRENT_TOTAL, PART_FOR_LAYER);
  }
```

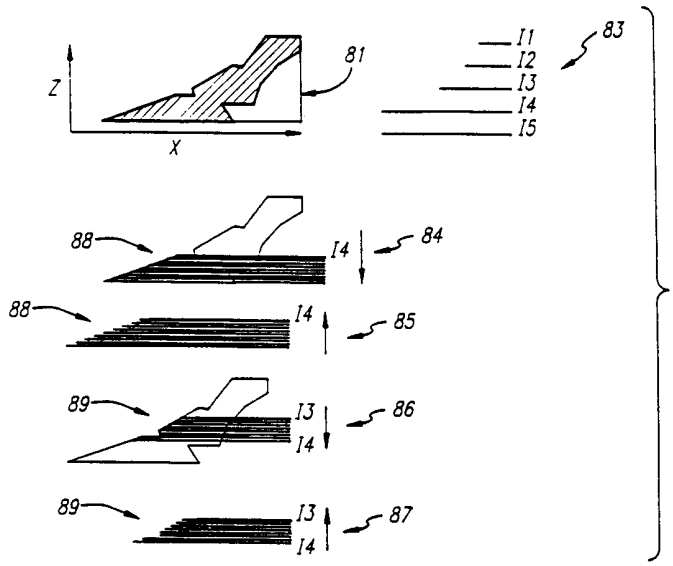
도면19



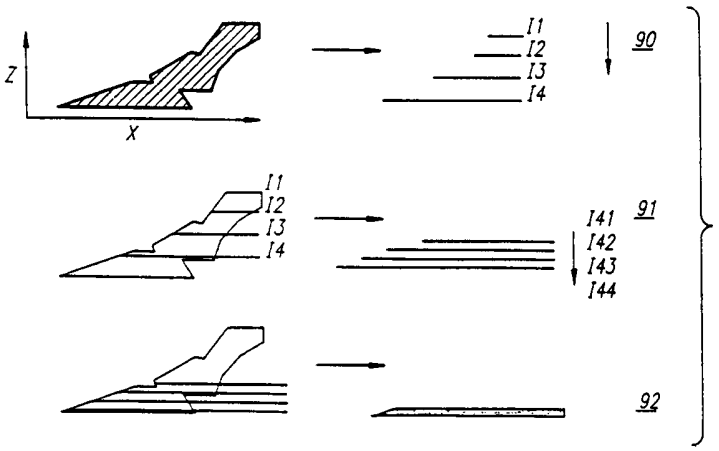
도면20

```
CURRENT_TOTAL = EMPTY_LAYER;
FOR (i = num_LAYERS; i >= 0 ;i--)
  {
    Z_LEVEL = MIN_Z + SLICE_THICKNESS * i;
    PART_FOR_LAYER = GET_PART (Z_LEVEL);
    CURRENT_TOTAL = BOOLEAN_ADD (CURRENT_TOTAL, PART_FOR_LAYER);
    IF ((i mod N) == 0)
      SAVED_TOTALS [i mod N] = CURRENT_TOTAL;
    i++;
  }
```

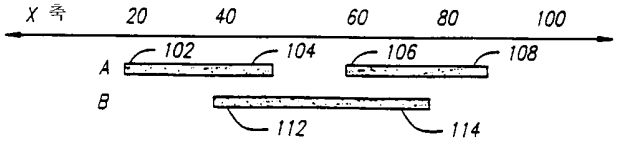
도면21



도면22



도면23



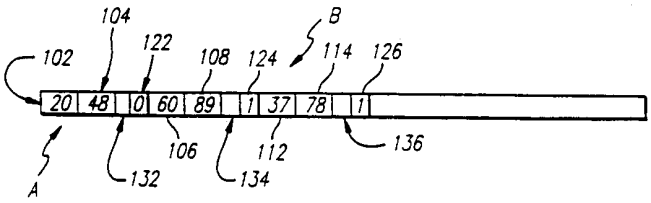
도면24

```
struct RLE_ITEM
{
   short x_location;
   enum type; // START \STOP
   RLE_ITEM *next;
};
```

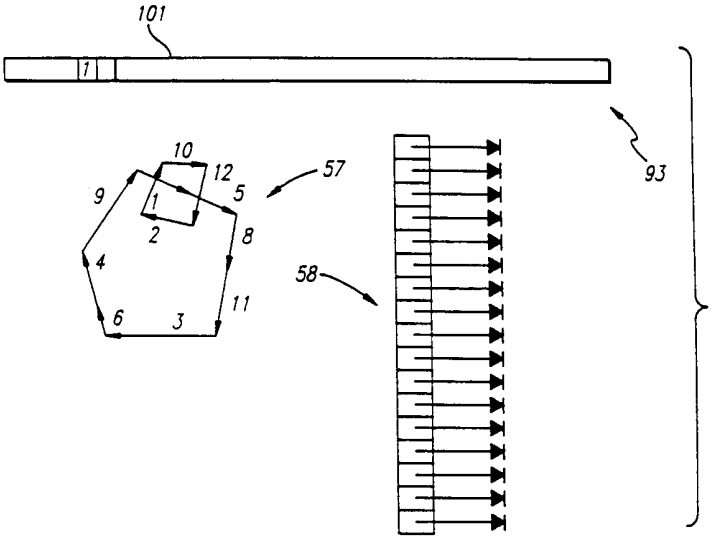
도면25

```
STRUCT START_STOP
{
   UNSIGNED START: 15;
   UNSIGNED USED: 1;
   UNSIGNED STOP: 15;
   UNSIGNED LAST: 1;
}
```

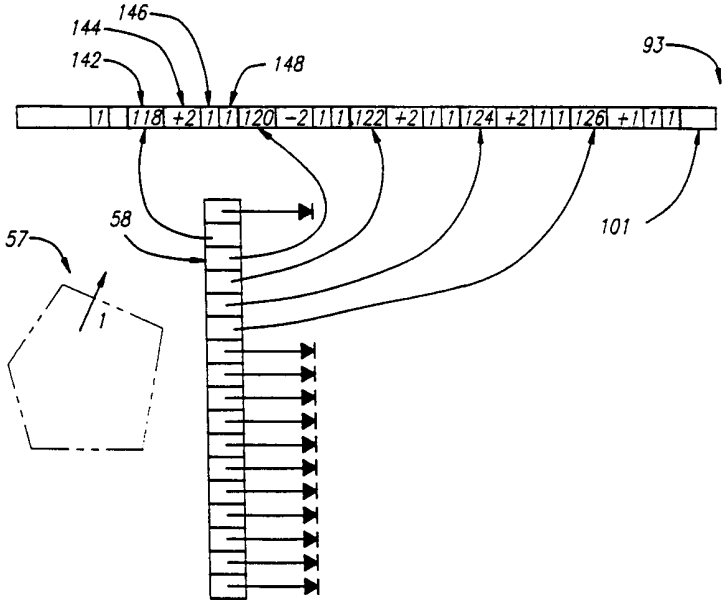
도면26



도면27a

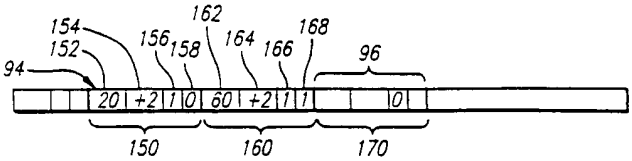


도면27b

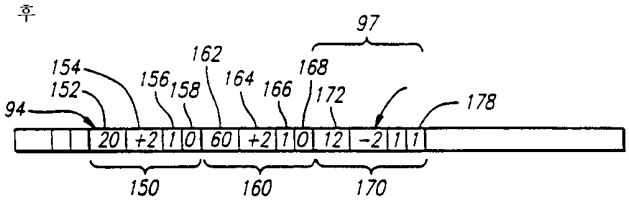


도면28a

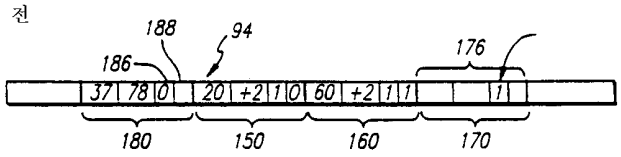
전



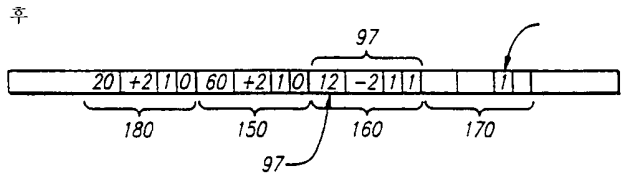
도면28b



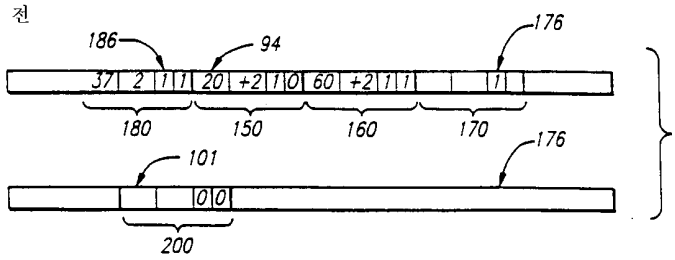
도면29a



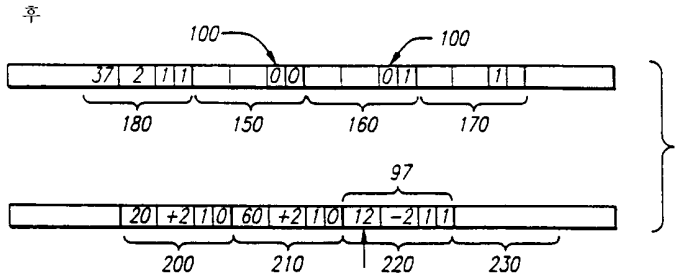
도면29b



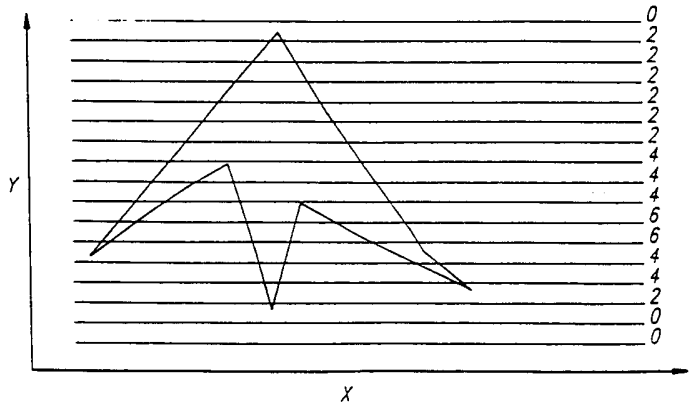
도면30a



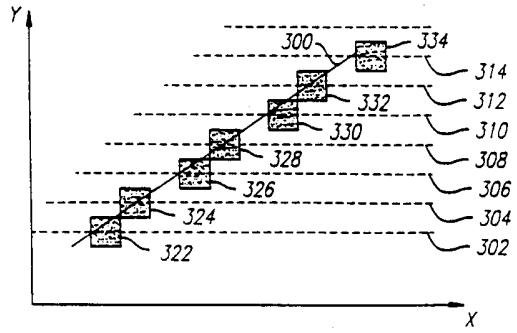
도면30b



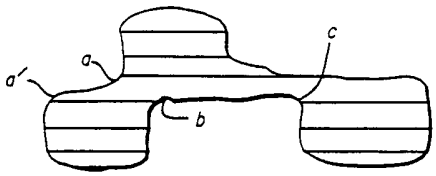
도면31



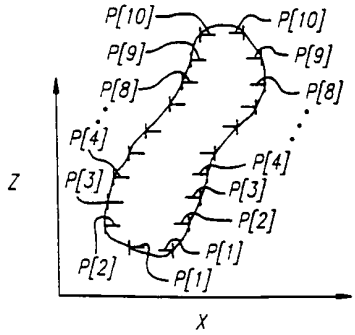
도면32



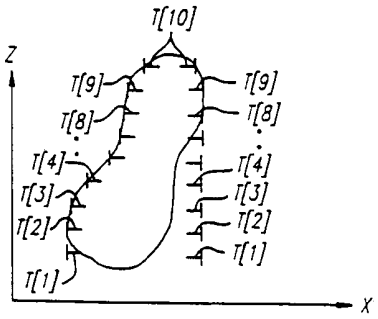
도면33



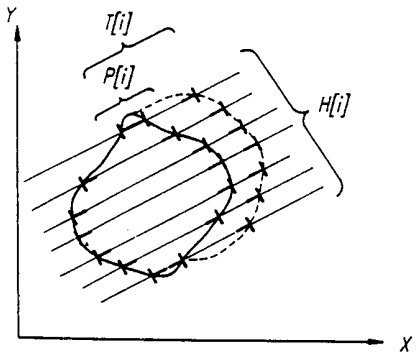
도면34a



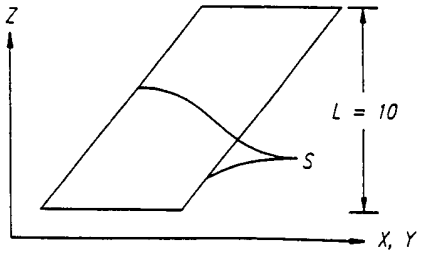
도면34b



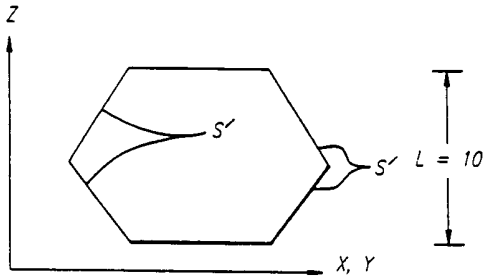
도면34c



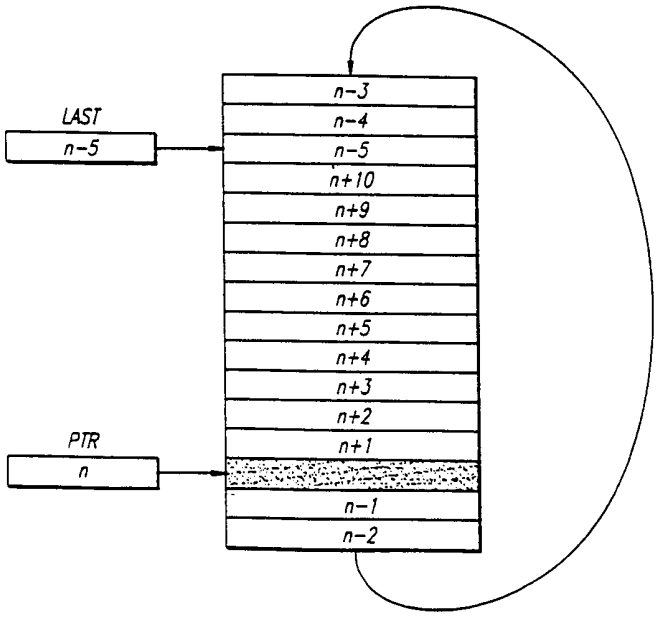
도면35a



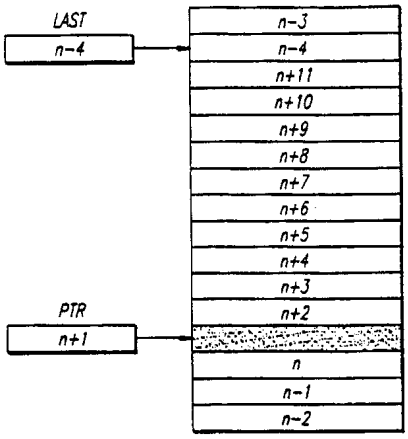
도면35b



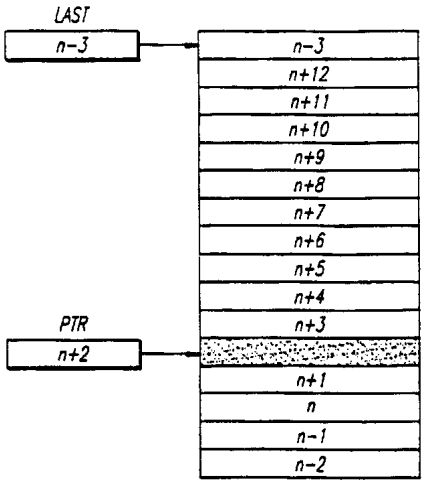
도면36a



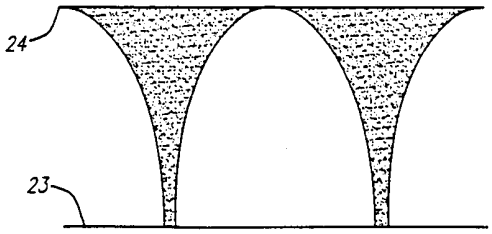
도면36b



도면36c



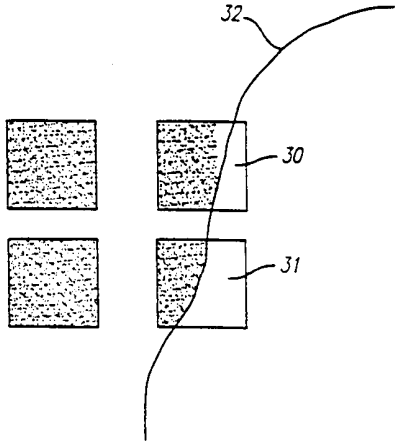
도면37



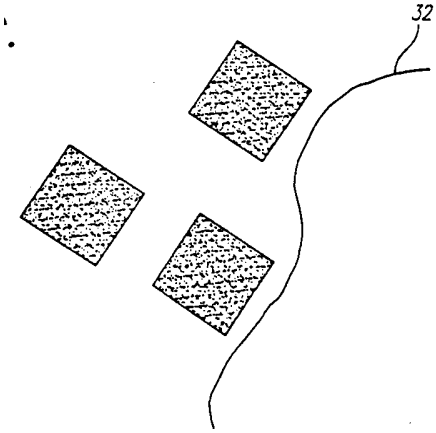
도면38a

도면38b

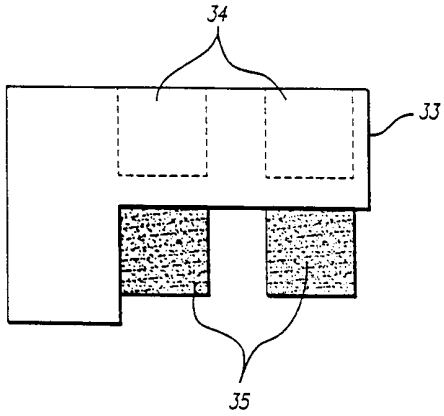
도면39a



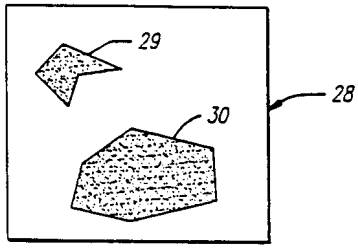
도면39b



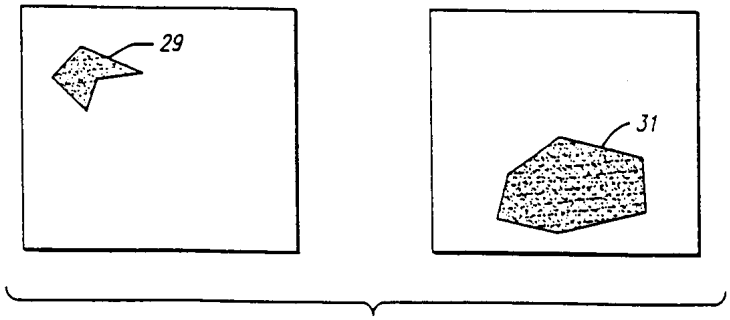
도면39c



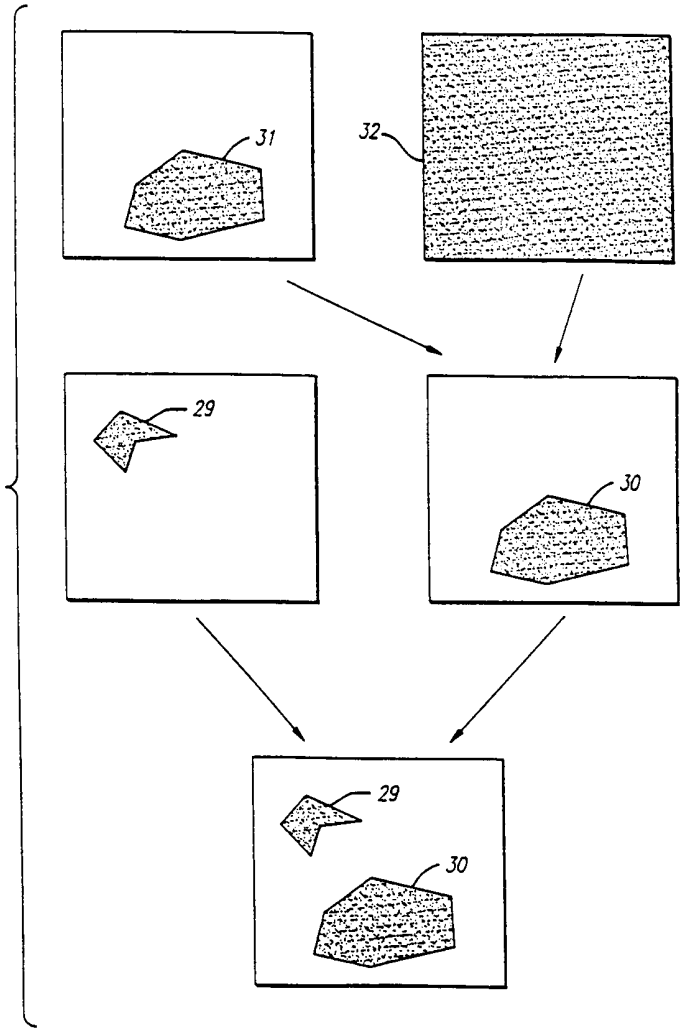
도면40a



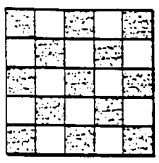
도면40b



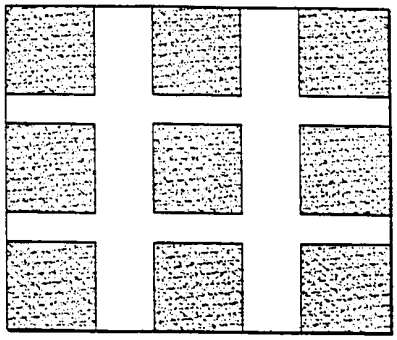
도면40c



도면41a

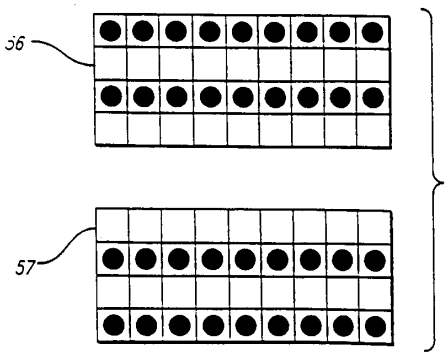


도면41b

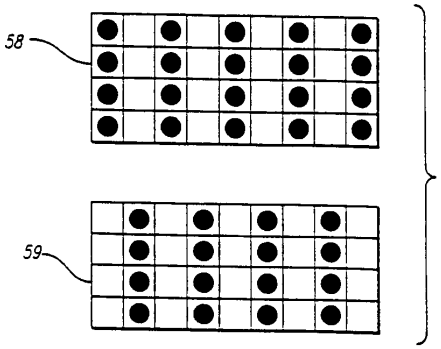


도면41c

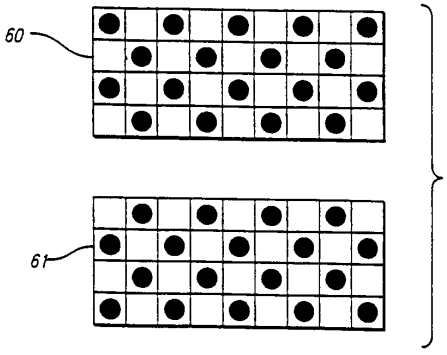
도면41d



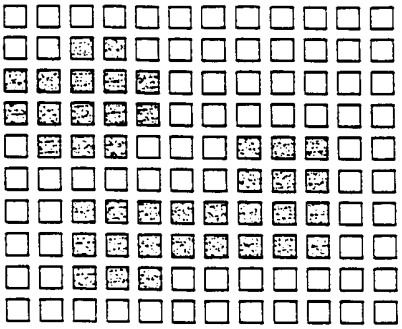
도면41e



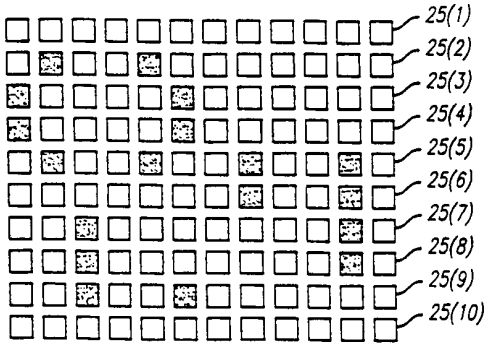
도면41f



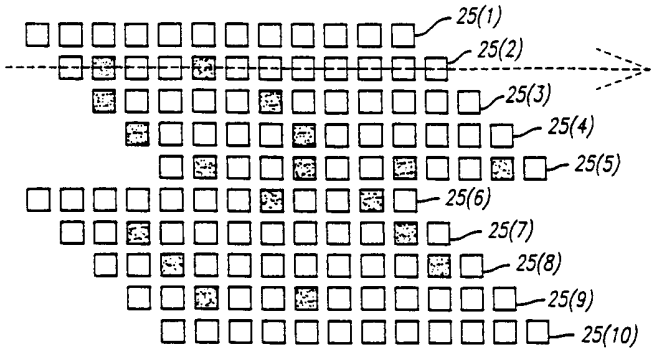
도면42a



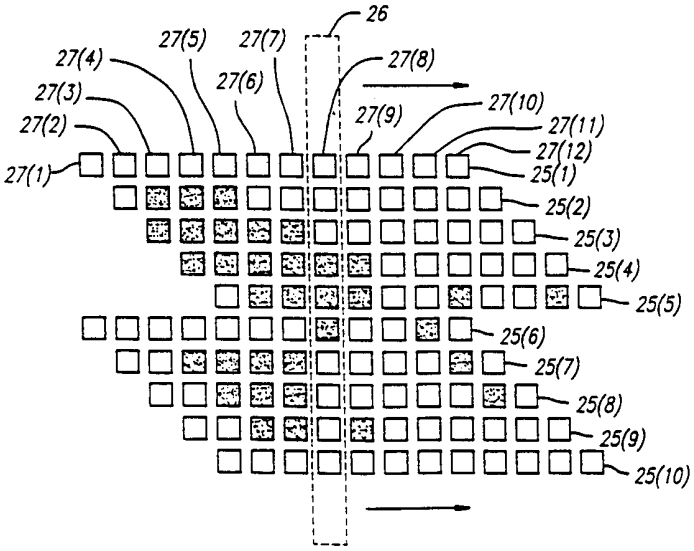
도면42b



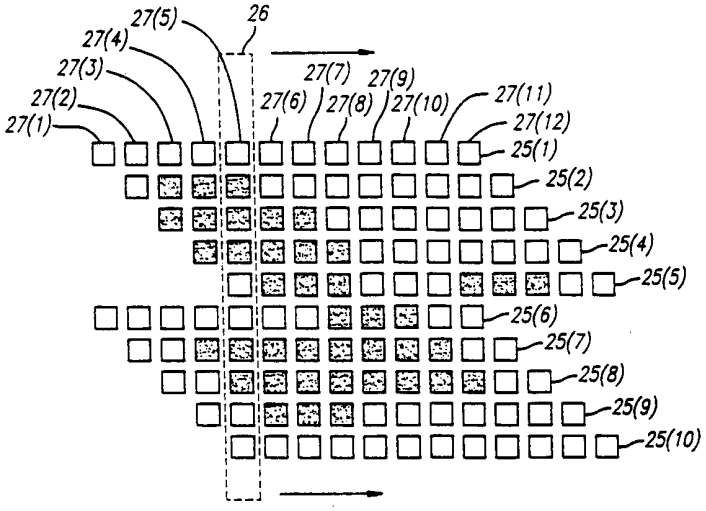
도면42c



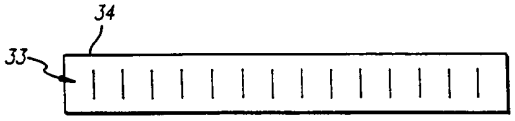
도면42d



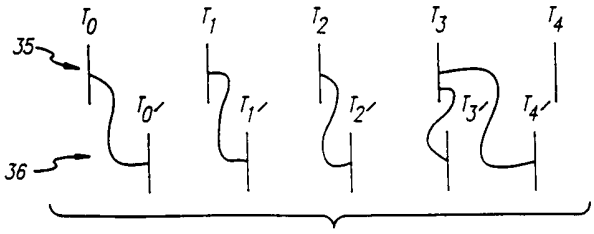
도면42e



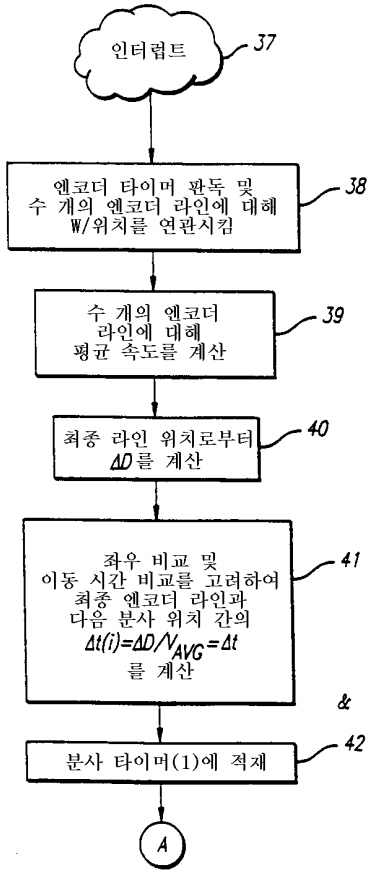
도면43



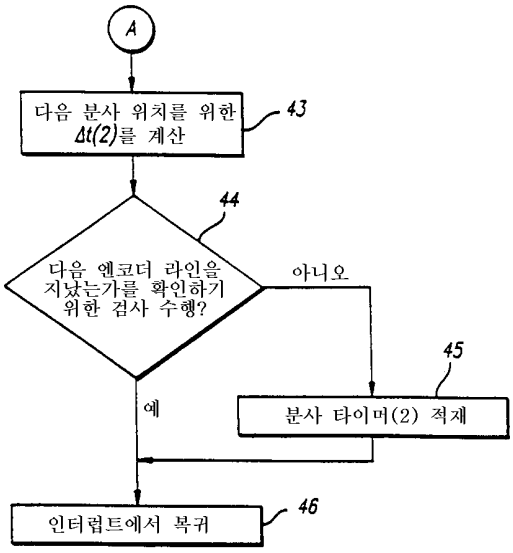
도면44



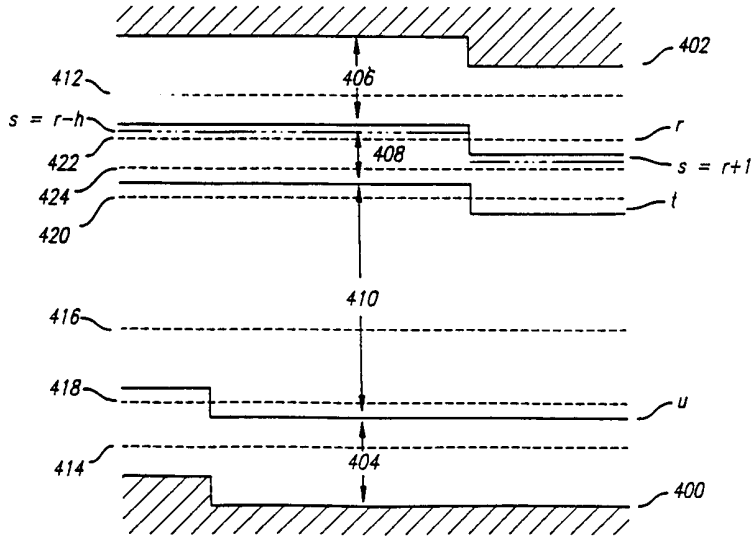
도면45a


인터럽트
37
엔코더 타이머 판독 및
수 개의 엔코더 라인에 대해
W/위치를 연관시킴
38
수 개의 엔코더
라인에 대해
평균 속도를 계산
39
최종 라인 위치로부터
ΔD를 계산
40
좌우 비교 및
이동 시간 비교를 고려하여
최종 엔코더 라인과
다음 분사 위치 간의
$\Delta t(i)=\Delta D/V_{AVG}=\Delta t$
를 계산
41
&
분사 타이머(1)에 적재
42
A

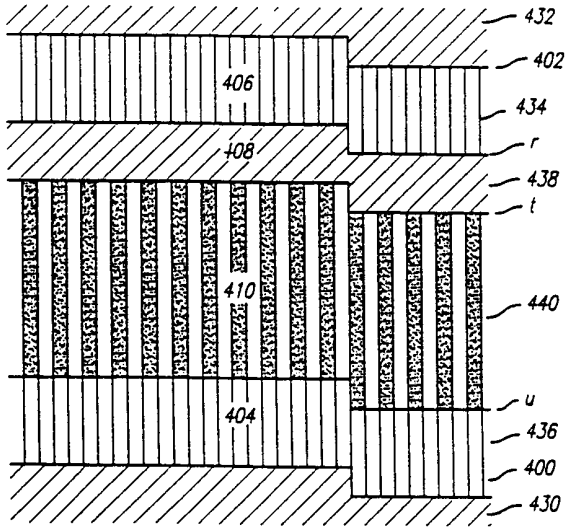
도면45b


A
다음 분사 위치를 위한
Δt(2)를 계산
43
44
다음 엔코더 라인을
지났는가를 확인하기
위한 검사 수행?
아니오
예
45
분사 타이머(2) 적재
인터럽트에서 복귀
46

도면46a



도면46b



도면47

```
LAYER #1 HEADER
        BUILD PATTERN #1
                TRANSITION #1
                TRANSITION #2
                    .
                    .
                TRANSITION #M
    .
    .   BUILD PATTERN #N
                TRANSITION #1
                TRANSITION #2
                    .
                TRANSITION #P

LAYER #V HEADER
        BUILD PATTERN #1
                TRANSITION #1
                TRANSITION #2
                    .
                    .
                TRANSITION #W

        BUILD PATTERN #Y
                TRANSITION #1
                TRANSITION #2
                    .
                TRANSITION #Z
```