



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

(45) 공고일자 2012년09월07일  
 (11) 등록번호 10-1177586  
 (24) 등록일자 2012년08월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
**H01L 21/304** (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2006-7015149  
 (22) 출원일자(국제) 2005년01월03일  
 심사청구일자 2009년12월30일  
 (85) 번역문제출일자 2006년07월27일  
 (65) 공개번호 10-2006-0130629  
 (43) 공개일자 2006년12월19일  
 (86) 국제출원번호 PCT/US2005/000086  
 (87) 국제공개번호 WO 2005/065436  
 국제공개일자 2005년07월21일  
 (30) 우선권주장  
 60/534,159 2003년12월31일 미국(US)  
 60/534,183 2003년12월31일 미국(US)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 US5718618 A  
 전체 청구항 수 : 총 24 항

(73) 특허권자  
**마이크로패브리카 인크.**  
 미국 캘리포니아 91506, 버뱅크, 1103 더블유.  
 이사벨 스트리트  
 (72) 발명자  
**쿠마르, 아나다, 에이치.**  
 미국, 캘리포니아 94539, 프레몬트, 블랙풋 드라이브 1999  
**코헨, 아담, 엘.**  
 미국, 캘리포니아 90035, 로스 앤젤레스, 커크사이드 로드 9537  
**로카르드, 마이클, 에스.**  
 미국, 캘리포니아 93532, 레이크 엘리자베스, 블루프톤 스트리트15152  
 (74) 대리인  
**신영무**

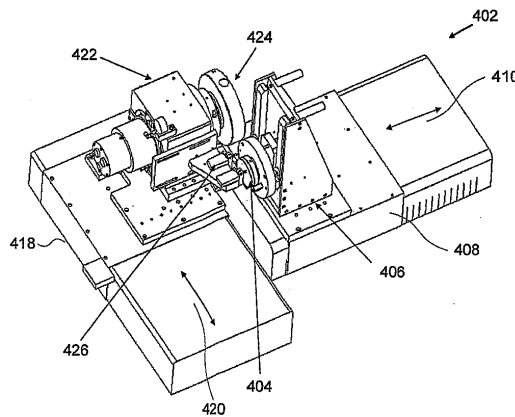
심사관 : 계원호

(54) 발명의 명칭 **구조물의 전기 화학적 제조 동안 층의 평형성을유지하고 / 하거나 원하는 두께의 층을 성취하기 위한 방법및 장치**

**(57) 요약**

본 발명의 실시예는 전기 화학적 제조 프로세스 동안 편평해진 재료 (예를 들어, 층)에 대한 엔드포인트 검출과 평형성 유지가 개선된 다중 층 구조물 (예를 들어, 메소스케일 또는 마이크로스케일 구조물)을 전기 화학적으로 제조하기 위한 프로세스 및 장치를 제공한다. 몇 방법들은 임의의 허용 오차 내에서 평탄해진 재료의 면이 다른 적층된 면에 평행한 것을 확실히 하는 평탄화 동안 고정구를 이용한다. 몇 방법은 기관의 초기 표면에 대해, 제1 적층에 대해, 또는 제조 프로세스 동안 형성된 다른 층에 대해 적층 재료의 정밀한 높이를 보장하는 엔드포인트 검출 고정구를 이용한다. 몇 실시예에서는 평탄화가 래핑으로 이루어지고 다른 실시예에서는 다이아몬드 플라이 커팅 머신을 이용한다.

**대표도 - 도13**



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법에 있어서:

- (a) 기관 상에 하나 이상의 층을 형성하는 단계;
- (b) 이전에 형성된 층에 재료층을 형성 및 부착하는 단계, - 여기서 상기 재료층은 원하는 패턴의 적어도 두 개의 적층된(deposited) 재료를 포함하고, 여기서, 적어도 하나의 접촉 패드는 상기 기관 상에 존재하고, 여기서 형성 및 부착 단계는 하기
  - (i) 상기 적어도 두 개의 적층된 재료의 제1 재료를 선택적으로 적층하는 단계;
  - (ii) 상기 적어도 두 개의 적층된 재료의 제2 재료를 적층하는 단계;
  - (iii) 상기 적어도 두 개의 적층된 재료를 평탄화하는 단계를 포함하고, 상기 평탄화는 하기
    - (1) 기관을 다공성 진공 척을 통해 래핑 고정구에 장착하는 단계;
    - (2) 기관이 고정구에 장착되는 동안, 상기 적어도 두 개의 적층된 재료의 표면을 평탄화하고, 상기 적어도 두 개의 적층된 재료의 높이가 요구된 값이 되도록 상기 적어도 두 개의 적층된 재료를 래핑하는 단계를 포함함.-; 및
- (c) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로 형성하기 위해 상기 (b)의 형성 및 부착 단계를 일 회 이상 반복하는 단계를 포함하는 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법.

**청구항 2**

다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법에 있어서:

- (a) 기관 상에 하나 이상의 층을 형성하는 단계;
- (b) 이전에 형성된 층에 재료층을 형성 및 부착하는 단계, - 여기서 상기 재료층은 원하는 패턴의 적어도 두 개의 적층된 재료를 포함하고, 여기서, 적어도 하나의 접촉 패드는 이전에 형성된 층 상에 존재하고, 여기서 형성 및 부착 단계는 하기
  - (i) 상기 적어도 두 개의 적층된 재료의 제1 재료를 선택적으로 적층하는 단계;
  - (ii) 상기 적어도 두 개의 적층된 재료의 제2 재료를 적층하는 단계;
  - (iii) 상기 적어도 두 개의 적층된 재료를 평탄화하는 단계를 포함하고, 상기 평탄화는 하기
    - (1) 기관을 다공성 진공 척을 통해 래핑 고정구에 장착하는 단계;
    - (2) 기관이 고정구에 장착되는 동안, 상기 적어도 두 개의 적층된 재료의 표면을 평탄화하고, 적층된 재료의 높이가 요구된 값이 되도록 상기 적어도 두 개의 적층된 재료를 래핑하는 단계를 포함함.-; 및
- (c) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로 형성하기 위해 상기 (b)의 형성 및 부착 단계를 일 회 이상 반복하는 단계를 포함하는 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법.

**청구항 3**

다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법에 있어서:

- (a) 기관 상에 하나 이상의 층을 형성하는 단계;
- (b) 이전에 형성된 층에 재료층을 형성 및 부착하는 단계, - 여기서 상기 재료층은 원하는 패턴의 적어도 두 개의 적층된 재료를 포함하고, 여기서, 적어도 하나의 접촉 패드는 기관 상에 존재하고, 여기서 적어도 하나의 접촉 패드는 재료층의 형성 동안 평탄화가 진행되지 않기에 충분히 얇고, 여기서 형성 및 부착 단계는 하기

- (i) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제1 재료를 선택적으로 적층하는 단계;
  - (ii) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제2 재료를 적층하는 단계;
  - (iii) 상기 적어도 두개의 적층된 재료를 평탄화하는 단계를 포함함.-;
- (c) (1) 원하는 기준에 대한 상대적인 상기 평탄화된 재료의 높이, (2) 상기 평탄화된 재료의 평탄성 및 (3) 원하는 기준에 대한 상기 평탄화된 재료의 배향으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 두개의 파라미터를 결정하기 위해 상기 적어도 두개의 평탄화된 재료에 검사를 수행하는 단계; 및
- (d) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로 형성하기 위해 상기(b) 형성 및 부착 단계와 그의 부속단계 및 상기 (c) 검사 단계를 일 회 이상 반복하는 단계
- 를 포함하는 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법.

**청구항 4**

다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법에 있어서:

- (a) 기관 상에 첫번째 층을 형성하는 단계;
  - (b) 이전에 형성된 층에 재료층을 형성 및 부착하는 단계, - 여기서 상기 재료층은 원하는 패턴의 적어도 두개의 적층된 재료를 포함하고, 여기서, 적어도 하나의 접촉 패드는 이전에 형성된 층 상에 존재하고, 여기서 적어도 하나의 접촉 패드는 재료층의 형성 동안 평탄화가 진행되지 않기에 충분히 얇고, 여기서 형성 및 부착 단계는 하기
    - (i) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제1 재료를 선택적으로 적층하는 단계;
    - (ii) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제2 재료를 적층하는 단계;
    - (iii) 상기 적어도 두개의 적층된 재료를 평탄화하는 단계를 포함함.-;
  - (c) (1) 원하는 기준에 대한 상대적인 상기 평탄화된 재료의 높이, (2) 상기 평탄화된 재료의 평탄성 및 (3) 원하는 기준에 대한 상기 평탄화된 재료의 배향으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 두개의 파라미터를 결정하기 위해 상기 적어도 두개의 평탄화된 재료에 검사를 수행하는 단계; 및
  - (d) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로 형성하기 위해 상기(b) 형성 및 부착 단계와 그의 부속단계 및 상기 (c) 검사 단계를 일 회 이상 반복하는 단계
- 를 포함하는 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법.

**청구항 5**

다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법에 있어서:

- (a) 기관 상에 하나 이상의 층을 형성하는 단계;
  - (b) 이전에 형성된 층에 재료층을 형성 및 부착하는 단계, - 여기서 상기 층은 원하는 패턴의 적어도 두개의 적층된 재료를 포함하고, 여기서, 적어도 하나의 기준 패드는 이전에 형성된 층에 존재하고, 여기서 형성 및 부착 단계는 하기
    - (i) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제1 재료를 선택적으로 적층하는 단계;
    - (ii) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제2 재료를 적층하는 단계;
    - (iii) 상기 적어도 두개의 적층된 재료를 평탄화 공정에 적용시키고, (1) 상기 적어도 두개의 평탄화된 재료의 높이, (2) 상기 평탄화된 재료의 평탄성 및 (3) 상기 평탄화된 재료의 배향으로 이루어진 군에서 선택된 평탄화된 표면의 품질을 확인하기 위해 적어도 하나의 기준 패드를 사용하는 단계를 포함.-; 및
  - (c) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로 형성하기 위해 상기(b) 형성 및 부착 단계와 그의 부속단계를 일 회 이상 반복하는 단계
- 를 포함하는 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법.

**청구항 6**

다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법에 있어서:

- (a) 기관 상에 하나 이상의 층을 형성하는 단계;
  - (b) 이전에 형성된 층에 재료층을 형성 및 부착하는 단계, - 여기서 상기 층은 원하는 패턴의 적어도 두개의 적층된 재료를 포함하고, 여기서, 적어도 하나의 기준 패드는 이전에 형성된 층에 존재하고, 여기서 형성 및 부착 단계는 하기
    - (i) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제1 재료를 선택적으로 적층하는 단계;
    - (ii) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제2 재료를 적층하는 단계;
    - (iii) 상기 적어도 두개의 적층된 재료를 평탄화 공정에 적용시키고, (1) 상기 적어도 두개의 평탄화된 재료의 높이, (2) 상기 평탄화된 재료의 평탄성 및 (3) 상기 평탄화된 재료의 배향으로 이루어진 군에서 선택된 평탄화된 표면의 품질을 확인하기 위해 적어도 하나의 기준 패드를 사용하는 단계를 포함.-; 및
  - (c) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로 형성하기 위해 상기(b) 형성 및 부착 단계와 그의 부속단계를 일 회 이상 반복하는 단계
- 를 포함하는 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법.

**청구항 7**

다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법에 있어서:

- (a) 기관 상에 하나 이상의 층을 형성하는 단계;
  - (b) 이전에 형성된 층에 적어도 두개의 적층된 재료를 포함하는 재료층을 형성 및 부착하는 단계, - 여기서 적어도 하나의 접촉 패드는 상기 기관 상에 존재하고, 여기서 형성 및 부착 단계는 하기
    - (i) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제1 재료를 선택적으로 적층하는 단계;
    - (ii) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제2 재료를 적층하는 단계;
    - (iii) 상기 재료층의 적어도 두개의 적층된 적층된 재료를 평탄화하는 단계를 포함하고, 여기서, 상기 평탄화는 하기
      - (1) 기관을 플라이 커팅 머신중의 고정구에 장착하는 단계, - 여기서, 고정구는 플라이 커팅 머신의 커팅면에 대해 기관 면을 조정하는 능력을 가짐.-;
      - (2) 상기 기관의 면을 플라이 커팅 머신 상의 커팅과 일치하도록 조정하는 단계; 및
      - (3) 기관이 고정구에 장착되는 동안, 적층된 재료의 높이가 요구된 값이 되도록 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 표면을 평탄화하기 위해 상기 적어도 두개의 적층된 재료에 회전 커팅 툴을 거치게 하는 단계를 포함함.-; 및
  - (c) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로부터 형성하기 위해 상기 (b)의 형성 및 부착 단계 및 그의 부속 단계를 일 회 이상 반복하는 단계
- 를 포함하는 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법.

**청구항 8**

다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법에 있어서:

- (a) 기관 상에 하나 이상의 층을 형성하는 단계;
- (b) 이전에 형성된 층에 적어도 두개의 재료를 포함하는 재료층을 형성 및 부착하는 단계, - 여기서 적어도 하나의 접촉 패드는 상기 이전에 형성된 층 상에 존재하고, 여기서 형성 및 부착 단계는 하기
  - (i) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제1 재료를 선택적으로 적층하는 단계;
  - (ii) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제2 재료를 적층하는 단계;

(iii) 상기 재료층의 적어도 두개의 적층된 재료를 평탄화하는 단계, - 여기서, 상기 평탄화는 하기

(1) 기관을 플라이 커팅 머신중의 고정구에 장착하는 단계, - 여기서, 고정구는 플라이 커팅 머신의 커팅면에 대해 기관 면을 조정하는 능력을 가짐.-;

(2) 기관의 면을 플라이 커팅 머신 상의 커팅면과 일치하도록 조정하는 단계; 및

(3) 기관이 고정구에 장착되는 동안, 적층된 재료의 높이가 요구된 값이 되도록 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 표면을 평탄화하기 위해 상기 적어도 두개의 적층된 재료에 회전 커팅 툴을 거치게 하는 단계를 포함함.-; 및

(c) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로부터 형성하기 위해 상기 (b)의 형성 및 부착 단계 및 그의 부속 단계를 일 회 이상 반복하는 단계

를 포함하는 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법.

### 청구항 9

다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법에 있어서:

(a) 기관 상에 하나 이상의 층을 형성하는 단계;

(b) 이전에 형성된 층에 적어도 두개의 적층된 재료를 포함하는 재료층을 형성 및 부착하는 단계, - 여기서 적어도 하나의 접촉 패드는 상기 기관 상에 존재하고, 여기서 형성 및 부착 단계는 하기

(i) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제1 재료를 선택적으로 적층하는 단계;

(ii) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제2 재료를 적층하는 단계;

(iii) 상기 재료층의 적어도 두개의 적층된 재료를 평탄화 공정에 적용시키는 단계;

(iv) 상기 적어도 하나의 접촉 패드와 접촉되고 상기 평탄화 동작이 행해진 적어도 두개의 적층된 재료와 접촉되게 측정 프로브를 위치 선정하고 원하는 기준 점이나 면에 대해 적어도 하나의 지점에서 측정된 평탄화 재료의 높이에 관한 데이터를 고정구로부터 추출하는 단계;

(v) 상기 측정된 재료의 높이를 상기 재료의 원하는 높이와 비교하는 단계;

(vi) 상기 측정된 높이와 원하는 높이가 원하는 허용 오차 내에 있지 않으면, 상기 측정된 높이와 원하는 높이가 상기 원하는 허용 오차 내에 있을 때 까지 동작 (iii)-(v)를 반복하는 단계를 포함.-; 및

(c) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로 형성하기 위해 상기 (b) 형성 및 부착 단계를 일 회 이상 반복하는 단계

를 포함하는 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법.

### 청구항 10

다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법에 있어서:

(a) 기관 상에 하나 이상의 층을 형성하는 단계;

(b) 이전에 형성된 층에 적어도 두개의 적층된 재료를 포함하는 재료층을 형성 및 부착하는 단계, - 여기서 적어도 하나의 접촉 패드는 상기 이전에 형성된 층 상에 존재하고, 여기서 형성 및 부착 단계는 하기

(i) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제1 재료를 선택적으로 적층하는 단계;

(ii) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제2 재료를 적층하는 단계;

(iii) 상기 재료층의 적어도 두개의 적층된 재료를 평탄화 공정에 적용시키는 단계;

(iv) 상기 적어도 하나의 접촉 패드와 접촉되고 상기 평탄화 동작이 행해진 적어도 두개의 적층된 재료와 접촉되게 측정 프로브를 위치 선정하고 원하는 기준 점이나 면에 대해 적어도 하나의 지점에서 측정된 평탄화 재료의 높이에 관한 데이터를 고정구로부터 추출하는 단계;

(v) 상기 측정된 재료의 높이를 상기 재료의 원하는 높이와 비교하는 단계;

(vi) 상기 측정된 높이와 원하는 높이가 원하는 허용 오차 내에 있지 않으면, 상기 측정된 높이와 원하는 높이가 상기 원하는 허용 오차 내에 있을 때 까지 동작 (iii)-(v)를 반복하는 단계를 포함.-; 및

(c) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로 형성하기 위해 상기 (b) 형성 및 부착 단계를 일 회 이상 반복하는 단계

를 포함하는 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법.

**청구항 11**

제9항 또는 제10항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 접촉 패드는 접촉패드가 세개 이상인 제조 방법.

**청구항 12**

제9항 또는 제10항중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 고정구는 적어도 세개의 고정된 길이의 스탠드오프 및 적어도 하나의 가동 프로브를 포함하는 제조 방법.

**청구항 13**

제12항에 있어서, 상기 적어도 하나의 가동 프로브는 가동 프로브가 세개 이상인 제조 방법.

**청구항 14**

제12항에 있어서, 상기 적어도 하나의 가동 프로브는 가동 프로브가 네개 이상인 제조 방법.

**청구항 15**

제12항에 있어서, 상기 적어도 세개의 고정된 스탠드오프는 패드와 접촉하도록 만들어지고, 적어도 하나의 가동 프로브는 적층된 재료와 접촉하도록 만들어지는 제조 방법.

**청구항 16**

제12항에 있어서, 상기 적어도 세개의 고정된 스탠드오프는 적층된 재료와 접촉하도록 만들어지고, 적어도 하나의 가동 프로브는 접촉 패드의 하나와 접촉하도록 만들어지는 제조 방법.

**청구항 17**

제1항 또는 제2항중 어느 하나의 항에 있어서, 단계 (b)(iii)은

(3) 상기 적어도 하나의 접촉 패드와 접촉되고 상기 평탄화 동작이 행해진 재료와 접촉되게 고정구를 위치 선정하고 원하는 기준 점이나 면에 대해 적어도 하나의 지점에서 측정된 평탄화 재료의 높이에 관한 데이터를 고정구로부터 추출하는 단계;

(4) 상기 측정된 재료의 높이를 상기 재료의 원하는 높이와 비교하는 단계;

(5) 상기 측정된 높이와 원하는 높이가 원하는 허용 오차 내에 있지 않으면, 상기 측정된 높이와 원하는 높이가 상기 원하는 허용 오차 내에 있을 때 까지 동작 (2)-(4)를 반복하는 단계를 더 포함하는 제조 방법.

**청구항 18**

다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법에 있어서:

(a) 기관 상에 첫번째 층을 형성하는 단계;

(b) 이전에 형성된 층에 적어도 두개의 적층된 재료를 포함하는 재료층을 형성 및 부착하는 단계, - 여기서 적어도 하나의 접촉 패드는 상기 기관 상에 존재하고, 여기서 형성 및 부착 단계는 하기

(i) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제1 재료를 선택적으로 적층하는 단계;

(ii) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제2 재료를 적층하는 단계;

(iii) 상기 적어도 두개의 적층된 재료를 평탄화 공정에 적용시키는 단계를 포함하고, 평탄화 공정은 하기

(1) 기관을 플라이 커팅 머신에서 고정구에 장착하는 단계;

(2) 기관이 고정구에 장착되는 동안, 상기 재료의 표면을 평탄화하고, 적층된 재료의 높이가 요구된 값이 적층된 재료를 회전 커팅 툴을 거치게 하는하는 단계;

(3) 상기 적어도 하나의 접촉 패드와 접촉되고 상기 회전 커팅 툴을 거친 재료와 접촉되게 고정구를 위치 선정하고 원하는 기준 점이나 면에 대해 적어도 하나의 지점에서 측정된 높이에 관한 데이터를 고정구로부터 추출하는 단계;

(4) 상기 측정된 높이를 원하는 높이와 비교하는 단계;

(5) 상기 측정된 높이와 원하는 높이가 원하는 허용 오차 내에 있지 않으면, 상기 측정된 높이와 원하는 높이가 상기 원하는 허용 오차 내에 있을 때 까지 동작 (2)-(4)를 반복하는 단계를 포함.-; 및

(c) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로부터 형성하기 위해 상기 (b) 의 형성 및 부착 단계 및 그의 부속 단계를 일 회 이상 반복하는 단계

를 포함하는 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법.

### 청구항 19

다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법에 있어서:

(a) 기관 상에 하나 이상의 층을 형성하는 단계;

(b) 이전에 형성된 층에 적어도 두개의 적층된 재료를 포함하는 재료층을 형성 및 부착하는 단계, - 여기서 적어도 하나의 접촉 패드는 상기 이전에 형성된 층 상에 존재하고, 여기서 형성 및 부착 단계는 하기

(i) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제1 재료를 선택적으로 적층하는 단계;

(ii) 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 제2 재료를 적층하는 단계;

(iii) 상기 적어도 두개의 적층된 재료를 공정에 적용시키는 단계를 포함하고, 평탄화 공정은 하기

(1) 기관을 플라이 커팅 머신에서 고정구에 장착하는 단계;

(2) 기관이 고정구에 장착되는 동안, 상기 재료의 표면을 평탄화하고, 적층된 재료의 높이가 요구된 값이 되도록 상기 적층된 재료에 회전 커팅 툴을 거치게 하는 단계;

(3) 상기 적어도 하나의 접촉 패드와 접촉되고 상기 회전 커팅 툴을 거친 재료와 접촉되게 고정구를 위치 선정하고 원하는 기준 점이나 면에 대해 적어도 하나의 지점에서 측정된 높이에 관한 데이터를 고정구로부터 추출하는 단계;

(4) 상기 측정된 높이를 원하는 높이와 비교하는 단계;

(5) 상기 측정된 높이와 원하는 높이가 원하는 허용 오차 내에 있지 않으면, 상기 측정된 높이와 원하는 높이가 상기 원하는 허용 오차 내에 있을 때 까지 동작 (2)-(4)를 반복하는 단계를 포함.-; 및

(c) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로부터 형성하기 위해 상기 (b) 의 형성 및 부착 단계 및 그의 부속 단계를 일 회 이상 반복하는 단계

를 포함하는 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 방법.

### 청구항 20

제1항 내지 제10항 및 제18항 내지 제19항 중 어느 하나의 항에 있어서, 재료층의 형성 및 부착 동안 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 두번째 적층은 제2 재료의 블랭킷 적층을 포함하는 것인 제조 방법.

### 청구항 21

제20항에 있어서, 제1 재료의 선택적 적층 및 제2 재료의 블랭킷 적층 중 적어도 하나는 전기도금 작동을 포함하는 것인 제조 방법.

### 청구항 22

제3항 내지 제6항, 제9항, 제10항, 및 제19항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 평탄화는 래핑 작동을 포함하는 것인 제조 방법.

**청구항 23**

제1항 내지 제10항 및 제18항 내지 제19항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 평탄화는 다이아몬드 머싱 (machining) 작동을 포함하는 것인 제조 방법.

**청구항 24**

제1항 내지 제10항 및 제18항 내지 제19항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 적어도 하나는 희생 재료를 포함하고, 상기 적어도 두개의 적층된 재료의 적어도 하나는 구조적 재료를 포함하고, 상기 제조 방법은 추가적으로 단계 (b)의 형성 및 부착을 반복한 후 복수의 층으로부터 희생 층의 적어도 일부를 제거하는 단계를 포함하는 것인 제조 방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 일반적으로 3차원 구조물 (예를 들어, 마이크로스케일 또는 메소스케일의 구조물)의 전기 화학적 제조 및 그 관련 형성 분야에 관한 것이다. 더욱 특히, 층 간의 원하는 정도의 평형성을 이루고/거나 구조물의 원하는 두께의 층을 성취하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 복수의 접촉층으로 3차원 구조물 (예를 들어, 부품, 구성 요소, 소자 등)을 형성하기 위한 기술은 Adam L. Cohen에 의해 발명되었으며 이는 전기 화학적 제조로 알려져 있다. 이것은 EFAB™ 라는 상품명으로 캘리포니아 버뱅크 소재의 Microfabrica Inc. (이전에 MEMGen® Corporation)에 의해 시판되고 있다. 이 기술은 2000년 2월 22일자로 공고된 미국 특허 번호 6,027,630에 기재되어 있다. 이 전기 화학적 적층 기술은 도금이 발생하게 되는 기관과는 상관 없는 지지 구조물 상에 패턴드 적합 가능 재료를 포함하는 마스크의 이용과 관련되는 고유의 마스크 기술에 의하여 재료의 선택적 적층이 이루어진다. 마스크를 이용하여 전기적 적층을 실행하길 원할 때, 마스크의 적합부는 도금 용액의 존재 동안 기관과 접촉하게 되므로 마스크의 적합부와 기관의 접촉으로 선택된 위치에서는 적층이 금지되게 한다. 편리하게, 이들 마스크는 일반적으로 적합성 컨택트 마스크로 불릴 수 있으며; 마스크 기술은 일반적으로 적합성 컨택트 마스크 도금 프로세스로 불릴 수 있다. 더욱 구체적으로 설명하면, 캘리포니아 버뱅크 소재의 Microfabrica Inc. (이전에 MEMGen® Corporation)에서는, 이런 마스크가 INSTANT MASKS™ 으로 알려져 있고 이 프로세스는 INSTANT MASKING™ 또는 INSTANT MASK™ 도금으로 알려져 있다. 적합성 컨택트 마스크 도금을 이용한 선택적 적층은 단일층의 재료를 형성하는 데에 이용되거나 다중 층 구조물을 형성하는 데에 이용될 수 있다. '630 특허의 개시는 여기에서 기재하는 바와 같이 참조로 언급되고 있다. 상기 언급된 특허를 이끈 특허 출원의 제출 후, 적합성 컨택트 마스크 도금과 전기 화학적 제조에 대한 여러 논문이 발표되고 있다:

[0003] (1) A. Cohen, G.Zhang, F.Tseng, F.Mansfeld, U.Frodis 및 P.Will의 "EFAB: 마이크로스케일 형상을 갖는 기능적 완전 밀집형 금속 부품의 배치 (batch) 제조" 1998년 8월 Austin의 텍사스 대학, 솔리드 프리덤 제조 회보 제9권, P161.

[0004] (2) A. Cohen, G.Zhang, F.Tseng, F.Mansfeld, U.Frodis 및 P.Will의 "EFAB: 고 중형비 트루 3차원 MEMS의 고속 저비용 데스크톱 마이크로가공" 1999년 1월, IEEE, IEEE 마이크로 전자 기계 시스템 워크숍 회보 제12권, P244.

[0005] (3) A.Cohen "전기 화학적 제조에 의한 3차원 마이크로가공" 1999년 3월, 마이크로머신 디바이스

[0006] (4) G.Zhang, A.Cohen, U.Frodis, F. Tseng, F.Mansfeld 및 P.Will의 "EFAB: 트루 3차원 마이크로구조의 고속 데스크톱 제작", 1999년 4월 The Aerospace Co., 우주 응용을 위한 마이크로나노 기술에 대한 국제 회의 회보 제2권.

[0007] (5) F.Tseng, U.Frodis, G.Zhang, A.Cohen, F.Mansfeld 및 P.Will의 "EFAB: 저비용의 자동화 배치 프로세스를



이용한 고 증황비의 임의 3차원 금속 마이크로구조물", 1999년 6월 고 증황비 마이크로구조물 기술 (HARMST99)에 대한 3차 국제 워크숍.

- [0008] (6) A. Cohen, U.Frodis, F.Tseng, G.Zhang, F.Mansfeld 및 P.Will의 "EFAB: 임의 3차원 마이크로구조물의 저비용 자동화 전기 화학적 배치 제조" 마이크로가공 및 마이크로제조 프로세스 기술, 1999년 9월, 마이크로가공 및 마이크로제조에 대한 SPIE 1999 심포지움
- [0009] (7) F.Tseng, G.Zhang, U.Frodis, A. Cohen, F.Mansfeld, 및 P.Will의 "EFAB: 저비용 자동화 배치 프로세스를 이용한 고증황비의 임의 3차원 금속 마이크로구조물", MEMS 심포지움, 1999년 11월, ASME 1999 국제 기계적 엔지니어링 대회 및 박람회.
- [0010] (8) A.Cohen의 "전기 화학적 제조 (EFABTM)" 2002년 CRC Press Mohamed Gad-El-Hak에 의해 출간된 MEMS 핸드북의 챕터 19.
- [0011] (9) 마이크로제조- 금속 프로토타이핑의 킬러 어플리케이션" 1999년 6월, CAD/CAM Publishing, Inc., 금속 프로토타이핑 레포트의 페이지 1-5.
- [0012] 전기 화학적 적층 프로세스는 상기 특허와 발행물에서 개시된 바와 같이 여러가지 수많은 방법으로 실행될 수 있다. 일 형태로, 이 프로세스는 형성된 구조물의 각 층의 형성 동안 세 개별적인 동작의 실행을 포함한다:
- [0013] 1. 기관의 하나 이상의 원하는 영역 상에의 전기 적층으로 적어도 하나의 재료를 선택적으로 적층한다.
- [0014] 2. 다음에 이전에 선택적으로 적층된 영역과, 이전에 선택적 적층이 이루어지지 않은 기관의 영역 둘 다를 피복하도록 전기적 적층으로 적어도 하나의 부가의 재료를 블랭킷 적층한다.
- [0015] 3. 마지막으로, 제1 및 제2 동작 동안 적층된 재료를 평탄화하여 적어도 하나의 재료를 함유하는 적어도 한 영역과 적어도 하나의 부가 재료를 함유하는 적어도 하나의 영역을 갖는 원하는 두께의 제1층의 평활화된 면을 제조한다.
- [0016] 제1 층의 형성 후에, 하나 이상의 부가의 층은 바로 이전의 층에 인접하여 형성되며 그 이전의 층의 평활화면에 부착된다. 이들 부가의 층은 제1 내지 제3 동작을 일 회 이상 반복하여 형성되고, 각 후속 층의 형성으로 이전에 형성된 층과 초기 기관을 새롭게 두꺼워진 기관으로 취급한다.
- [0017] 모든 기관의 형성이 완성된 후에, 적층된 재료 중 적어도 하나의 적어도 일부는 일반적으로 에칭 프로세스에 의해 제거되어 형성하고자 하는 3차원 구조물을 노출하게 한다.
- [0018] 이 동작에 관계되는 선택적 전기적 적층을 실행하는 바람직한 방법은 적합성 컨택트 마스크 도금에 의한다. 이 유형의 도금시, 하나 이상의 적합성 컨택트 (CC) 마스크가 먼저 형성된다. CC 마스크는 패턴드 적합성 유전 재료가 부착되거나 형성되어 있는 지지 구조물을 포함한다. 각 마스크의 적합성 재료는 도금되는 재료의 특정 단면과 관련하여 형성된다. 적어도 하나의 CC 마스크가 도금되게 되는 각 고유의 단면 패턴에 필요하다.
- [0019] CC 마스크의 지지체는 통상 선택적으로 전기 도금되게 되며 도금될 재료가 용해되게 하는 금속으로 형성되는 도금형 구조물이다. 이런 보통의 방법으로, 지지체는 전기 도금 프로세스에서 어노드로 작용한다. 다른 방법으로, 지지체는 어노드에서 적층면까지 경로 중에 전기 도금 동안 적층 재료가 통과하게 되는 다공성 또는 천공 재료일 수 있다. 두 방법에서, CC 마스크가 공통 지지체를 공유하는 것이 가능한데, 즉 다중 층의 재료를 도금하기 위한 적합성 유전 재료의 패턴이 단일 지지 구조체의 여러 영역에 위치될 수 있다. 하나의 지지 구조물이 다수의 도금 패턴을 포함할 때, 전체 구조물은 CC 마스크로 언급되고 개별의 도금 마스크는 "서브마스크"로 언급될 수 있다. 본 출원에서 이런 구별은 특정한 지점에서만 이루어진다.
- [0020] 제1 동작의 선택적 적층 실행시, CC 마스크의 적합부가 적층이 발생하게 되는 기관의 선택부 (또는 이전에 형성된 층이나 이전에 적층된 층의 일부)와 정합되게 위치되어 놓인다. CC 마스크와 기관을 함께 누르는 것은 CC 마스크의 적합부에서의 모든 개구가 도금 용액을 포함하도록 하여 이루어진다. 기관과 접촉하는 CC 마스크의 적합성 재료는 전기 도금의 장벽으로 작용하는 반면 전기 도금 용액으로 충전된 CC 마스크의 개구는 적합한 전위 및/또는 전류가 공급될 때 어노드 (예를 들어, CC 마스크 지지체)로부터 기관의 비접촉부 (도금 동작 동안 캐소드로 작용) 까지 재료를 전달하기 위한 경로로 작용한다.
- [0021] CC 마스크와 CC 마스크 도금의 예를 도 1A-1C에서 나타내었다. 도 1A는 어노드(12) 상에 패턴드 적합성 또는 변형성 (예를 들어, 탄성) 절연체(10)로 이루어진 CC 마스크(8)의 측면도를 나타낸다. 어노드는 두 기능을

갖는다. 도 1A는 또한 마스크(8)와 분리된 기판(6)을 도시한다. 하나는 패턴이 위상적으로 복잡 (예를 들어, 분리된 절연체 재료의 "아일랜드"를 포함) 하기 때문에 일체성과 정렬성을 유지하기 위한 패턴드 절연체(10)의 지지 재료로서 기능한다. 다른 기능은 전기 도금 동작의 어노드로서 기능한다. CC 마스크 도금도 1B에서 나타난 바와 같이, 기판에 대해 절연체를 놓은 다음에 절연체의 에퍼츄어(26a 및 26b)를 통해 재료를 전기 적층함으로써 기판(6) 상에 재료(22)를 선택적으로 적층한다. 적층 후에, CC 마스크는 도 1C에서 나타난 바와 같이, 바람직하게는 파괴되지 않게 기판(6)에서 분리된다. CC 마스크 도금 프로세스는 "스루 마스크" 도금 프로세스와는 구분되는데, 이 스루 마스크 (through-mask) 도금 프로세스에서는 마스크 재료와 기판의 분리가 파괴적으로 발생한다. 스루 마스크 도금에서는, CC 마스크 도금이 재료를 전체 층 위에 선택적으로 동시에 적층한다. 도금된 영역은 하나 이상의 분리된 도금 영역으로 이루어지고 이 때 이들 분리된 도금 영역은 형성되고 있는 하나의 구조물에 속하거나 동시에 형성되고 있는 다수의 구조물에 속할 수 있다. CC 마스크 도금시 개별의 마스크가 제거 프로세스에서는 계획적으로 파괴되지 않기 때문에, 이들은 복수회의 도금 동작시 유용할 수 있다.

[0022] CC 마스크와 CC 마스크 도금의 다른 예가 도 1D-1F에 도시되어 있다. 도 1D는 패턴드 적합성 재료(10')와 지지 구조체(20)를 포함하는 마스크(8')와 분리되는 어노드(12')를 나타낸다. 도 1D는 또한 마스크(8')와 분리되는 기판(6)을 도시한다. 도 1E는 기판(6)과 접촉하고 있는 마스크(8')를 도시한다. 도 1F는 전류를 어노드(12')에서 기판(6)으로 흐르게 하여 결과된 침전물(22')을 도시한다. 도 1G는 마스크(8')에서 제거된 후 기판(6) 상의 침전물(22')을 나타낸다. 이 예에서, 적당한 전해질이 기판(6)과 어노드(12') 사이에 위치하고 용액과 어노드 중 하나나 둘 다로부터 인입하는 이온의 흐름은 재료가 적층되는 기판에 마스크의 개구를 통하여 안내된다. 이 유형의 마스크는 어노드리스 INSTANT MASK™ (AIM) 또는 어노드리스 적합성 컨택트 (ACC) 마스크로 언급될 수 있다.

[0023] 스루-마스크 도금과 달리, CC 마스크 도금은 CC 마스크가 도금이 발생하게 되는 기판의 제조와 완전 별개로 형성되게 한다 (예를 들어, 형성되고 있는 3차원 구조물과 별개로). CC 마스크는 여러 가지 방법으로 형성될 수 있는데, 예를 들어, 광리소그래피 프로세스가 이용될 수 있다. 모든 마스크는 구조물의 제조 동안 보다는 그 이전에 동시에 형성될 수 있다. 이 분리는 3차원 구조물을 제조하기 위해 거의 어느 곳이나 설비될 수 있는 간단한 저비용의 자동화, 자기 함유 및 내부 세정된 "데스크톱 팩토리"를 가능하게 하며, 광리소그래피와 같은 필수적 세정 프로세스는 서비스국 등이 실행하도록 남겨둔다.

[0024] 상술된 전기 화학적 제조 프로세스의 일 예가 도 2A-2F에 도시되어 있다. 이들 도면은 프로세스가 희생 재료인 제1 재료(2) 및 구조적 재료인 제2 재료(4)의 적층을 포함하여 도시하고 있다. 이 예에서 CC 마스크(8)는 패턴드 적합성 재료 (예를 들어, 탄성 유전 재료; 10) 및 적층 재료(2)로 만들어진 지지체(12)를 포함한다. CC 마스크의 적합부는 기판(6)에 대해 눌러지고, 도금 용액(14)은 적합성 재료(10)의 개구(16) 내에 위치된다. 다음에 전원(18)으로부터 전류가 어노드로 2역을 하는 (a) 지지체(12)와 캐소드로 이역을 하는 (b) 기판(6)을 거쳐 도금 용액(14)을 통과하게 된다. 도 2A는 전류의 전달로 도금 용액 내의 재료(2)와 어노드(12)로부터의 재료(2)가 캐소드(6)로 선택적으로 전달되어 여기에 도금되게 된다. 제1 적층 재료(2)를 CC 마스크(8)를 이용하여 기판(6) 상에 전기 도금한 후에, CC 마스크(8)는 도 2B에서 나타난 바와 같이 제거되게 된다. 도 2C는 제2 적층 재료(4)가 이전에 적층된 제1 적층 재료(2) 위에 뿐만 아니라 기판(6)의 다른 부분 위에도 블랭킷 적층 (즉, 비선택적 적층)되어 있는 것으로 도시하고 있다. 블랭킷 적층은 제2 재료로 이루어진 어노드 (도시 생략)로부터 적당한 도금 용액 (도시 생략)을 통해 캐소드/기판(6)으로 전기 도금하는 것으로 이루어진다. 다음에 전체 두 재료 층이 도 2D에서 나타난 바와 같이 정확한 두께와 편평성을 성취하도록 평탄화된다. 이러한 모든 층의 프로세스의 반복 이후에, 제2 재료(4)로 형성된 다중 층 구조물(20) (즉, 구조적 재료)이 도 2E에서 나타난 바와 같이, 제1 재료(2) (즉 희생 재료)에 매립된다. 매립된 구조물은 도 2F에서 나타난 바와 같이, 원하는 소자, 즉 구조물(20)을 만들어내도록 예칭된다.

[0025] 예시의 수동적 전기 화학적 제조 시스템(32)의 여러 구성 성분을 도 3A-3C에 나타내었다. 시스템(32)은 몇 개의 서브시스템(34, 36, 38 및 40)으로 이루어진다. 기판 고정 서브시스템(34)은 도 3A 내지 도 3C 각각의 상단부에 도시되어 있으며 몇개의 구성 성분: (1) 캐리어(48), (2) 층이 적층되어 있는 금속 기판(6), 및 (3) 기판(6)을 작동기(44)로부터의 구동력에 응답하여 캐리어에 대해 위 아래로 이동시킬 수 있는 선형 슬라이드(42)를 포함한다. 서브시스템(34)은 또한 층 두께 및/또는 적층 두께를 설정하거나 결정하는 데에 이용될 수 있는 기판의 수직 위치의 차이를 측정하기 위한 표시자(46)를 포함한다. 서브시스템(34)은 서브시스템(36)에 정밀하게 장착될 수 있는 캐리어(48)의 피트(feet; 68)를 더 포함한다.

[0026] 도 3A의 하반부에 나타난 CC 마스크 서브시스템(36)은 몇개의 구성 성분: (1) 공통 지지체/어노드(12)를 공유

하는 다수의 CC 마스크 (즉, 서브마스크)로 이루어진 CC 마스크(8), (2) 정밀한 X-스테이지(54), (3) 서브시스템(34)의 피트(68)가 장착될 수 있는 프레임(72), 및 (5) 전해질(16)을 함유하기 위한 탱크(58)를 포함한다. 서브시스템(34)은 CC 마스크 프로세스를 구동하기 위해 적당한 전원에 연결하기 위한 적당한 전기적 연결부 (도시 생략)를 또한 포함한다.

[0027] 블랭킷 적층 서브시스템(38)은 도 3B의 하반부에 나타내었으며 몇개의 구성 성분: (1) 어노드, (2) 도금 용액(66)을 보유하기 위한 전해질 탱크(64), 및 (3) 서브시스템(34)의 피트(68)가 놓이는 프레임(74)를 포함한다. 서브시스템(48)은 또한 블랭킷 적층 프로세스를 구동하기 위해 어노드를 적당한 전원에 연결하기 위한 적당한 전기적 연결부 (도시 생략)를 포함한다.

[0028] 평탄화 서브시스템(40)은 도 3C의 하반부에 나타나 있으며 적층물을 평탄화하기 위한 래핑 플레이트 (lapping plate; 52) 및 관련 이동 및 제어 시스템 (도시 생략)을 포함한다.

[0029] 전기 도금 금속으로부터 마이크로구조물을 형성하기 위한 다른 방법 (즉, 전기 화학적 제조 기술을 이용한) "회생 금속층으로 다중 레벨 깊이의 X 레이 리소그래피에 의한 마이크로구조물의 형성"으로 표제된 Henry Guckel의 미국 특허 번호 5,190,637에 개시되어 있다. 이 특허는 마스크 노출을 이용한 금속 구조물을 형성을 개시하고 있다. 제1층의 일차 금속이 노출 도금 베이스 상에서 전기 도금되어 포토레지스트의 보이드를 채우고, 다음에 포토레지스트가 제거되고 이차 금속이 제1 층위와 도금 베이스 위에서 전기 도금된다. 제2 금속의 노출면은 제1 금속을 노출하는 높이에 까지 가공되어 일차와 이차 금속 둘 다를 지나 연장되는 편평한 균일면을 제조한다. 제2 층의 형성은 포토레지스트층을 제1 층위에 도포한 다음에 제1 층을 제조하는 프로세스를 반복하는 것으로 시작된다. 다음에 이 프로세스는 전체 구조물이 형성되고 이차 금속이 에칭으로 제거될 때 까지 반복된다. 포토레지스트는 도금 베이스나 이전층 위에 주조로 형성되고 포토레지스트의 보이드는 X 레이나 UV 조사를 통해 패턴드 마스크로 포토레지스트의 노출에 의해 형성된다.

[0030] 현재까지 개시되어 실용화된 전기 도금 제조가 마이크로제조 능력에 크게 개선시키고, 특히 구조물에 조립될 수 있는 금속층의 개수 및 이런 구조물이 제조될 수 있는 속도와 편의성을 크게 증가시키긴 했지만, 전기 화학적 제조의 상태를 개선할 여지는 여전히 존재한다. 특히, 평탄화 동작의 완성 (즉, 엔드포인트 검출) 및 이와 관련하여 원하는 허용 오차 내 또는 층 두께와 동일한 두께를 갖는 층의 부가와 연관되는 원하는 타겟 구조물 높이의 층 두께의 성취를 결정하기 위한 개선된 기술의 필요성이 대두되고 있다. 또한 이전에 적층된 층에 대해 또는 기판에 대한 적층의 평행성을 결정하기 위한 기술을 개선할 필요가 있다.

**발명의 상세한 설명**

[0031] 본 발명의 하나 이상의 실시예의 목적은 개선된 엔드포인트 검출 방법과 장치를 포함하는 기판 수정 기술을 제공하는 것이다.

[0032] 본 발명의 하나 이상의 실시예의 목적은 개선된 평행성 유지 방법 및 장치를 포함하는 기판 수정 기술을 제공하는 것이다.

[0033] 본 발명의 하나 이상의 실시예의 목적은 개선된 엔드포인트 검출 방법 및 장치가 개선된 다중 층 전기 화학적 제조 기술을 제공하는 것이다.

[0034] 본 발명의 하나 이상의 실시예의 목적은 평행성 유지 방법 및 장치가 개선된 다중 층 전기 화학적 제조 기술을 제공하는 것이다.

[0035] 본 발명의 여러 실시예의 다른 목적 및 장점은 여기 개시된 바에 비추어 보면 당업자에게는 명백하게 될 것이다. 여기에서 명확하게 개시되었거나 이로 부터 확인되는 본 발명의 여러 실시예와 형태들은 상기 목적 중 하나 이상을 단독으로 또는 조합하여 해결할 수 있거나, 아니면 그 개시된 바로 확인되는 다른 목적을 해결할 수 있다. 모든 목적들이 본 발명의 하나의 실시예나 형태에 의해 반드시 해결될 수 있는 것은 아니지만 몇 형태와 관련해서는 그럴 수도 있다.

[0036] 본 발명의 제1 형태에서 다중 층 3차원 구조물을 형성하는 제조 프로세스는: (a) 이전에 형성된 층 및/또는 기판에 재료 층을 형성 및 부착하는 단계 - 상기 층은 원하는 패턴의 적어도 하나의 재료를 포함하고, 하나 이상의 접촉 패드는 상기 기판이나 상기 이전에 형성된 층에 존재함 - ; (b) 상기 적어도 하나의 재료에 평탄화 동작을 행하는 단계; (c) 상기 하나 이상의 접촉 패드와 접촉되고 상기 평탄화 동작이 행해진 재료와 접촉되게 측정 프로브를 위치 선정하고 원하는 기준 점이나 면에 대해 적어도 하나의 지점에서 측정된 평탄화 재료의 높이에 관한 데이터를 고정구로부터 추출하는 단계; (d) 상기 측정된 재료의 높이를 상기 재료의 원하는

높이와 비교하는 단계; (e) 상기 측정된 높이와 원하는 높이가 원하는 허용 오차 내에 있지 않으면, 상기 측정된 높이와 원하는 높이가 상기 원하는 허용 오차 내에 있을 때 까지 동작 (b)-(d)를 반복하는 단계; 및 (f) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로 형성하기 위해 상기 (a) 형성 및 부착 단계를 일 회 이상 반복하는 단계를 포함한다.

[0037] 본 발명의 제2 형태에서, 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 프로세스는: (a) 재료 층을 이전에 형성된 층 및/또는 기관에 형성 및 부착하는 단계 - 상기 층은 원하는 패턴의 적어도 하나의 재료를 포함함 - ; (b) 상기 적어도 하나의 재료에 평탄화 동작을 행하는 단계 - 이 단계는 (i) 다공성 진공 척 (chuck)에 의해 상기 기관을 래핑 고정구에 장착하는 단계; 및 (ii) 상기 기관이 상기 고정구에 장착되어 있는 동안, 상기 재료의 표면을 평탄화하고 적층된 재료의 높이가 원하는 값이 되도록 상기 적층 재료에 래핑 동작을 행하는 단계를 포함함 - ; 및 (c) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로 형성하기 위해 상기 (a) 형성 및 부착 단계를 일 회 이상 반복하는 단계를 포함한다.

[0038] 본 발명의 제3 형태에서, 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 프로세스는: (a) 이전에 형성된 층 및/또는 기관에 재료 층을 형성 및 부착하는 단계 - 상기 층은 원하는 패턴의 적어도 하나의 재료를 포함하고, 하나 이상의 접촉 패드는 상기 기관이나 상기 이전에 형성된 층에 존재함 - ; (b) 상기 적어도 하나의 재료에 평탄화 동작을 행하는 단계 - 이 단계는: (i) 다공성 진공 척에 의해 상기 기관을 래핑 고정구에 장착하는 단계; 및 (ii) 상기 기관이 상기 고정구에 장착되어 있는 동안, 상기 재료의 표면을 평탄화하고 적층된 재료의 높이가 원하는 값이 되도록 상기 적층 재료에 래핑 동작을 행하는 단계를 포함함 - ; (c) 상기 하나 이상의 접촉 패드와 접촉되고 상기 평탄화 동작이 행해진 재료와 접촉되게 고정구를 위치 선정하고 원하는 기준 점이나 면에 대해 적어도 하나의 지점에서 측정된 평탄화 재료의 높이에 관한 데이터를 고정구로부터 추출하는 단계; (d) 상기 측정된 재료의 높이를 상기 재료의 원하는 높이와 비교하는 단계; (e) 상기 측정된 높이와 원하는 높이가 원하는 허용 오차 내에 있지 않으면, 상기 측정된 높이와 원하는 높이가 상기 원하는 허용 오차 내에 있을 때 까지 동작 (b)-(d)를 반복하는 단계; 및 (f) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로 형성하기 위해 상기 (a) 형성 및 부착 단계를 일 회 이상 반복하는 단계를 포함한다.

[0039] 본 발명의 제4 형태에서, 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 프로세스는: (a) 이전에 형성된 층 및/또는 기관에 재료 층을 형성 및 부착하는 단계 - 상기 층은 원하는 패턴의 적어도 하나의 재료를 포함하고, 하나 이상의 접촉 패드는 상기 기관이나 상기 이전에 형성된 층에 존재함 - ; (b) 상기 적어도 하나의 재료에 평탄화 동작을 행하는 단계 - 이 단계는: (i) 다공성 진공 척에 의해 상기 기관을 래핑 고정구에 장착하는 단계; 및 (ii) 상기 기관이 상기 고정구에 장착되어 있는 동안, 상기 재료의 표면을 평탄화하고 적층된 재료의 높이가 원하는 값이 되도록 상기 적층 재료에 래핑 동작을 행하는 단계를 포함함 - ; 및 (c) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로 형성하기 위해 상기 (a) 형성 및 부착 단계를 일 회 이상 반복하는 단계를 포함한다.

[0040] 본 발명의 제5 형태에서, 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 프로세스는: (a) 이전에 형성된 층 및/또는 기관에 재료 층을 형성 및 부착하는 단계 - 상기 층은 원하는 패턴의 적어도 하나의 재료를 포함하고, 하나 이상의 접촉 패드는 상기 기관이나 상기 이전에 형성된 층에 존재함 - ; (b) 상기 적어도 하나의 재료에 평탄화 동작을 행하는 단계; (c) 원하는 기준에 대한 상기 적층물의 높이, 상기 적층물의 평탄성, 원하는 기준에 대한 상기 적층물의 배향 중 적어도 둘을 판정하기 위해 상기 적어도 하나의 재료에 검사를 행하는 단계; 및 (d) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로 형성하기 위해 상기 (a) 형성 및 부착 단계를 일 회 이상 반복하는 단계를 포함한다.

[0041] 본 발명의 제6 형태에서, 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 프로세스는: (a) 이전에 형성된 층 및/또는 기관에 재료 층을 형성 및 부착하는 단계 - 상기 층은 원하는 패턴의 적어도 하나의 재료를 포함하고, 평탄화된 적층 재료의 적층물의 높이, 상기 평탄화된 재료의 평탄성, 및/또는 편평해진 재료의 배향 중 적어도 하나를 확인하는 데에 이용될 수 있는 하나 이상의 기준 패드가 상기 기관이나 상기 이전에 형성된 층 상에 존재함 - ; (b) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로 형성하기 위해 상기 (a) 형성 및 부착 단계를 일 회 이상 반복하는 단계를 포함한다.

[0042] 본 발명의 제7 형태에서, 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 프로세스는: (a) 이전에 형성된 층 및/또는 기관에 재료 층을 형성 및 부착하는 단계 - 상기 층은 원하는 패턴의 적어도 하나의 재료를 포함함 - ; (b) 상기 적어도 하나의 재료에 평탄화 동작을 행하는 단계 - 이 단계는: (i) 상기 기관을 플라이 커팅 머신의 고정구에 장착하는 단계; (ii) 상기 기관이 상기 고정구에 장착되어 있는 동안, 상기 재료의 표면을 평탄화하고 적층된 재료의 높이가 원하는 값이 되도록 상기 적층 재료가 회전 커팅 툴을 거치게 하는 단계를 포

함함 - ; 및 (c) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로 형성하기 위해 상기 (a) 형성 및 부착 단계를 일 회 이상 반복하는 단계를 포함한다.

[0043] 본 발명의 제8 형태에서, 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 프로세스는: (a) 이전에 형성된 층 및/ 또는 기판에 재료 층을 형성 및 부착하는 단계 - 상기 층은 원하는 패턴의 적어도 하나의 재료를 포함하고, 하나 이상의 접촉 패드는 상기 기판이나 상기 이전에 형성된 층에 존재함 - ; (b) 상기 적어도 하나의 재료에 평탄화 동작을 행하는 단계 - 이 단계는: (i) 상기 기판을 플라이 커팅 머신의 고정구에 장착하는 단계; 및 (ii) 상기 기판이 상기 고정구에 장착되어 있는 동안, 상기 재료의 표면을 평탄화하고 적층된 재료의 높이가 원하는 값이 되도록 상기 적층 재료가 회전 커팅 톨을 거치게 하는 단계를 포함함 - ; (c) 상기 하나 이상의 접촉 패드와 접촉되고 상기 평탄화 동작이 행해진 재료와 접촉되게 고정구를 위치 선정하고 원하는 기준 점이나 면에 대해 적어도 하나의 지점에서 측정된 평탄화 재료의 높이에 관한 데이터를 고정구로부터 추출하는 단계; (d) 상기 측정된 재료의 높이를 상기 재료의 원하는 높이와 비교하는 단계; (e) 상기 측정된 높이와 원하는 높이가 원하는 허용 오차 내에 있지 않으면, 상기 측정된 높이와 원하는 높이가 상기 원하는 허용 오차 내에 있을 때 까지 동작 (b)-(d)를 반복하는 단계; 및 (f) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로 형성하기 위해 상기 (a) 형성 및 부착 단계를 일 회 이상 반복하는 단계를 포함한다.

[0044] 본 발명의 제9 형태에서, 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 제조 프로세스는: (a) 이전에 형성된 층 및/ 또는 기판에 재료 층을 형성 및 부착하는 단계 - 상기 층은 원하는 패턴의 적어도 하나의 재료를 포함하고, 하나 이상의 접촉 패드는 상기 기판이나 상기 이전에 형성된 층에 존재함 - ; (b) 상기 적어도 하나의 재료에 평탄화 동작을 행하는 단계 - 이 단계는: (i) 상기 기판을 플라이 커팅 머신의 고정구에 장착하는 단계 - 상기 고정구는 상기 플라이 커팅 머신의 커팅면에 대해 상기 기판의 면을 조정하는 능력을 가짐 -; (ii) 상기 기판의 면이 상기 플라이 커팅 머신 상의 커팅면과 일치되게 조정하는 단계; 및 (iii) 상기 기판이 상기 고정구에 장착되어 있는 동안, 적층된 재료의 높이가 원하는 값이 되도록 상기 재료의 표면을 평탄화하기 위해 상기 적층 재료에 회전 커팅 톨을 거치게 하는 단계를 포함함 - ; 및 (c) 상기 3차원 구조물을 복수의 부착 층으로 형성하기 위해 상기 (a) 형성 및 부착 단계를 일 회 이상 반복하는 단계를 포함한다.

[0045] 본 발명의 다른 형태는 여기 개시된 바에 비추어 보면 당업자에 의해서라면 이해될 것이다. 본 발명의 그 외 형태는 본 발명의 상기 형태들 중 하나 이상을 구현할 때 이용될 수 있는 장치를 포함할 수 있다. 본 발명의 또 다른 형태는 상기 형태들의 여러 조합을 제공할 뿐만 아니라 그 외 특정하게 기재하지는 않은 구성, 구조, 기능적 관계, 및 프로세스를 제공한다. 본 발명의 또 다른 형태는 기판에 위치한 재료의 적층을 평탄화하기 위한 장치를 제공하는 반면 또 다른 형태는 이런 장치에 이용할 고정구를 제공한다.

**실시예**

[0067] 도 1A-1G, 2A-2F 및 3A-3C는 알려진 전기 화학적 제조의 일 형태의 여러 특성을 도시한다. 다른 전기 화학적 제조 기술이 상술된 '630 특허, 다양한 이전의 발간물, 여기에서 참고하고 있는 여러 다른 특허 및 특허 출원에 기재되어 있으며, 그 외 것들도 이들 발간물, 특허 및 출원에 기재된 여러 접근법을 조합하여 유도될 수 있거나, 아니면 여기 개시된 것으로부터 당업자에 의해 확인 가능한 것이다. 이들 기술 모두는 본 발명의 여러 형태의 실시예의 것과 조합되어 더욱 증진된 실시예를 가져올 수 있다.

[0068] 도 4A-4I는 다중 층 제조 프로세스의 단일층의 형성시의 여러 단계를 나타내고 이 때 제2 금속은 제1 금속 뿐만 아니라 제1 금속의 개구에도 적층되고 이 적층은 층의 일부를 이루게 된다. 도 4A에서, 패턴 가능한 포토 레지스트(84)가 도 4B에 나타낸 바와 같이 주조되게 되는 기판(82)의 측면도를 나타내었다. 도 4C에서, 레지스트의 경화, 노출 및 현상 후의 최종물인 레지스트의 패턴을 나타내었다. 포토레지스트(84)의 패턴으로 포토레지스트의 표면(86)으로부터 포토레지스트의 두께를 거쳐 기판(82)의 표면(88) 까지 연장한 개구나 애퍼췌어(92(a)-92(c))가 생긴다. 도 4D에서, 금속(94) (예를 들어, 니켈)은 개구(92(a)-92(c))로 전기 도금된 것으로 나타나 있다. 도 4E에서, 포토레지스트가 기판에서 제거되어 (즉, 화학적으로 박피됨) 제1 금속(94)으로 커버되지 않은 기판(82) 영역을 노출시킨다. 도 4F에서, 제2 금속(96) (예를 들어, 은)은 기판(82) (도전성)의 전체 노출부 위와 제1 금속(94) (또한 도전성) 위에서 블랭킷 전기 도금된 것으로 나타나 있다. 도 4G는 제1 금속을 노출하고 제1 층의 두께를 설정하는 높이로 제1 및 제2 금속을 평탄화한 것으로 인해 결과된 완성된 제1 층의 구조물을 도시한다. 도 4H에서 도 4B-4G에 나타낸 프로세스 단계를 몇회 반복하여 다중 층 구조물을 형성한 결과를 나타내었으며 여기에서 각 층은 두 재료로 이루어진다. 대부분의 응용시, 이들 재료 중 하나를 도 4I에 나타낸 바와 같이 제거하여 원하는 3차원 구조물(98) (예를 들어, 구성 요소나 소자)를 만들어낸다.

- [0069] 여기에서 기재한 여러 실시예, 대안, 및 기술들은 모든 층 상에 단일의 패터닝 기술을 이용하거나 여러 층 상에 여러 패터닝 기술을 이용하여 다중 층 구조물을 형성할 수 있다. 예를 들어, 여러 유형의 패터닝 마스크와 마스크 기술을 이용할 수 있거나 마스크 필요 없이 직접적인 선택적 적층을 실행하는 기술도 이용할 수 있다. 예를 들어, 적합성 컨택트 마스크나 비적합성 컨택트 마스크가 여러 층에서 이용될 수 있다. 근접 마스크 및 마스크 동작 (즉, 컨택트가 만들어지지 않은 경우에도 기관에의 근접으로 기관을 적어도 부분 선택적으로 실드하는 마스크를 이용하는 동작)이 이용될 수 있으며, 부착 마스크 및 마스크 동작 (선택적 적층 또는 에칭이 접촉되는 것과 대비하여 선택적 증착이나 에칭이 발생하게 될 기관에 부착되는 마스크를 이용하는 마스크 및 동작)이 이용될 수도 있다.
- [0070] 본 발명의 몇 실시예는 전기 화학적 제조 프로세스 동안 평탄화되는 재료 (예를 들어, 층)의 엔드포인트 검출 및 평행성 유지가 개선된 다중 층 구조물 (예를 들어, 메소스케일 또는 마이크로스케일 구조물)을 전기 화학적으로 제조하기 위한 프로세스 및 장치를 제공한다. 몇 방법은 재료의 평탄면이 임의의 허용 오차 내에서 재료의 다른 평탄해진 적층부에 평행한 것을 확실하게 하는 평탄화 동안 고정구를 이용하고 있다. 몇 방법은 기관의 초기면에 대해, 제1 적층에 대해, 또는 제조 프로세스 동안 형성된 다른 층에 대해 적층 재료의 정밀한 높이를 확실하게 하는 엔드포인트 검출 고정구를 이용한다. 몇 실시예에서 평탄화는 래핑으로 이루어지며 평탄화 고정구는 고정구가 래핑 동작 동안 놓이는 마모 패드로 정의되는 면에 수직으로 가동되는 스테이지에 장착되는 다공성 그래파이트 진공 척 (chuck)을 포함할 수 있다. 몇 실시예에서, 엔드 포인팅 고정구는 고정된 길이의 셋 이상의 레그 및 하나 이상 (예를 들어 3-4)의 높이 측정 프로브를 포함한다. 고정구의 이용에는 기관의 표면 위의 노출 패드에 레그가 접촉하고 측정될 적층물과의 접촉이 이루어질 때 까지 높이 측정 프로브의 컨택트 요소의 위치를 조절하는 것이 관련된다. 제로잉 또는 교정 측정과 적층 측정 간에 프로브로 기록된 높이 차이는 적층물 높이 및 가능하게는 적층물의 면의 배향 및/또는 적층물의 평탄도를 나타낸다. 몇 실시예에서, 평탄화 높이, 평탄성 및/또는 배향은 원하는 허용 오차 범위 외에 있는 경우 보정 동작을 취할 수 있다.
- [0071] 도 5는 엔드 포인팅 고정구와 평탄화 고정구를 이용하는 본 발명의 제1 실시예에 따른 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 방법의 플로우차트를 제공한다.
- [0072] 도 5의 블럭(102)은 평탄화 동작 동안 기관과 적층된 재료를 고정하기 위해 이용될 수 있는 평탄화 고정구를 제공하고 있다. 블럭(104)은 이용할 평탄화 고정구를 마련하고 있다. 이 마련은 기관을 고정하기 위해 이용되는 척의 평탄화와 관련되므로 고정구가 평탄화 (즉 래핑) 동작 동안 세트되는 위치 설정 패드의 표면에 평행한 표면을 이루게 된다.
- [0073] 블럭(106)은 엔드포인트 검출 고정구를 제공하는 반면 블럭(108)은 고정구를 마련한다. 이 마련은 평탄한 표면 상에 고정구를 세팅한 다음에 장치의 고정된 길이의 스탠드오프가 놓이는 동일한 평탄한 표면과 프로브가 접촉하게 될 때 하나 이상의 검출 프로브의 출력을 제로잉하는 것을 포함한다.
- [0074] 마련 동작(104 및 108)은 빌드 프로세스의 시작시 발생하거나 아니면 빌드 프로세스 전체에 걸쳐 주기적으로 발생할 수 있다. 예를 들어, 엔드 포인트 검출 장치 상에서의 프로브의 제로잉은 엔드 포인트 검출 고정구의 각 이용 이전에 발생할 수 있다.
- [0075] 빌드 프로세스는 블럭(112)으로 시작한 다음에 한 쌍의 변수와 파라미터를 정의하는 블럭(114)으로 이동한다. 특히, 현재의 층 번호 변수 "n"이 정의되고; 최종층 번호 파라미터 "N"이 정의되고; 층 n에 대한 동작 번호 변수 "o<sub>n</sub>"이 정의되고; 층 N에 대한 최종 동작 번호 파라미터 "O<sub>n</sub>"가 정의된다. 변수와 파라미터의 정의 이후에 프로세스는 블럭(116)으로 이동하여 구조물이 형성되게 되는 기관을 공급하게 된다.
- [0076] 다음에 프로세스는 블럭(118)로 이동하여 현재 층 번호 변수 n을 일(n=1)로 세트하고, 다음에 블럭(120)으로 이동하여 층 n에 대한 현재 동작 번호 변수를 일 (o<sub>n</sub>=1)로 세트한다.
- [0077] 다음에 프로세스는 블럭(124)로 이동하여 (o<sub>n</sub>과 관련된) 현재 동작이 평탄화 동작인지에 대해 질의한다. 대답이 "아니오"이면 프로세스는 블럭(126)으로 이동하여 동작 o<sub>n</sub>이 실행되게 되고 그 후 프로세스는 블럭(148)로 이동하는데 이는 후술한다.
- [0078] 판정 블럭(124)의 질의의 응답이 "예"이면 프로세스는 블럭(128)로 이동하여 블럭(104)의 동작을 위해 마련된 평탄화 고정구 상에 기관을 장착하게 된다.
- [0079] 다음에 프로세스는 블럭(130)으로 이동하여 하나 이상의 평탄화 동작이 실행된다. 이들 동작은 예를 들어,

여러 유형의 마모제 또는 접착압, 래핑 플레이트 속도 등을 갖는 래핑 동작일 수 있다. 원하는 평탄화 동작의 실행 이후 프로세스는 블럭(132)로 이동하여 엔드 포인트 검출 고정구를 이용한 엔드 포인트 검출 측정을 행하게 된다. 본 실시예의 변형예로, 여러 평탄화 고정구가 이용될 수 있으며 래핑 이외의 평탄화 동작이 실행될 수 있는데, 예를 들어, 몇 실시예에서, 대강의 가공이 실행되거나 정밀한 다이아몬드 가공 (다이아몬드 터닝 또는 플라이 커팅)이 실행될 수 있다.

- [0080] 다음에, 프로세스는 블럭(134)으로 이동하여 엔드 포인트 검출 측정으로 결과된 데이터를 분석하게 된다. 이 분석은 측정값을 타겟 값과 비교한 다음에 이 비교에 기초하여 후속 동작에 관한 판정을 행한다.
- [0081] 다르게, 이 분석은 데이터의 최소 자승 적합법으로 면을 유도하는 것과 같이 복수의 측정 데이터 지점을 더욱 복잡하게 수학적으로 분석하는 것을 포함한다. 이 분석은 의도된 면의 높이와 유도된 면을 비교하여 타겟 높이가 성취되었는지에 대해 판정한다. 분석은 또한 판정된 면의 평행성을 원하는 면의 평행성에 대해 판정하는 것을 포함하여 원하는 평행성 사양이 만족되었는지의 여부를 판정한다. 더욱 분석은 표면의 평탄도가 정의된 사양을 만족하는지의 여부에 대한 판정을 포함한다.
- [0082] 분석이 실행된 후에 프로세스는 블럭(136)으로 이동하여 원하는 목적이 성취되었는지에 대해 질의하게 된다. 이 질의가 부정의 응답을 낸다면, 프로세스는 블럭(138)로 이동하여 평탄화가 원하는 목적을 이루었는지의 여부에 대해 질의하게 된다. 블럭(138)의 질의에 대한 응답이 "예"이면, 프로세스는 블럭(130)으로 다시 돌아가 부가의 평탄화 동작이 실행되게 된다. 실시예의 구현시, 평탄화 프로세스 전체에서 이 두번째나 후속되는 루프 동안 평탄화 파라미터 및 평탄화 프로세스 자체도 블럭(134)의 분석에 기초하여 변경될 수 있다. 블럭(138)이 부정의 응답을 내면, 프로세스는 블럭(140)으로 이동하여 다음의 세 동작 중 하나를 행한다: (1) 교정 동작을 실시한 다음에 빌드를 계속하도록 프로세스의 적당한 지점으로 점프함; (2) 이상을 무시하고 프로세스를 계속함; 또는 (3) 빌드 프로세스를 중지하고 원한다면 빌드를 재시작함. 블럭(136)의 질의가 긍정의 응답을 내거나 블럭(140)의 제2 옵션이 선택되면 프로세스는 블럭(142)로 진행한다.
- [0083] 블럭(142)는 다른 평탄화 동작이 실행될지의 여부에 대해 질의한다. 이 질의의 응답이 "아니오"이면 프로세스는 평탄화 고정구에서 기관을 제거한다. 기관을 평탄화 고정구에서 제거한 후에, 프로세스는 블럭(148)으로 진행한다.
- [0084] 몇 구현예에서, 다수의 평탄화 동작이 원하는 목적을 성취하기 위해 실행된다 (예를 들어, 초기에 거친 슬러리로 래핑을 실행한 다음에 임시의 목적이 만족된 후에 더 정교한 슬러리로 부가의 래핑을 실행함). 이런 구현시, 블럭(142)의 질의는 일 회 이상 긍정의 응답을 낸다. 이런 경우, 프로세스는 블럭(144)로 이동하여 동작수를 하나 인크리먼트하고 ( $o_n = o_n + 1$ ) 다음에 프로세스는 블럭(130)으로 이동하여 부가의 평탄화 동작을 실행한다. 평탄화 프로세스 동안의 제2 또는 후속의 루프에서, 평탄화 변수, 파라미터 및 평탄화 프로세스가 전체적으로 변경될 수 있다.
- [0085] 블럭(142)의 질의에 대해 부정의 응답이 이루어지면 기관은 블럭(146)에서와 같이 제거되고 다음에 블럭(148)으로 진행한다. 상술된 바와 같이, 블럭(148)은 또한 블럭(126)에서 요청된 동작  $o_n$ 의 실행 이후 접근되는 데, 이 경우 동작  $o_n$ 은 평탄화 동작이 아니다.
- [0086] 블럭(148)은 동작 번호 변수를 하나 인크리먼트 ( $o_n = o_n + 1$ )하고 다음에 프로세스는 블럭(150)으로 진행하여 현재 동작 번호 변수가 층  $n$ 과 관련한 최종 동작 번호 파라미터 보다 더 큰지에 대해 질의한다. 이 질의가 부정의 응답을 내면 프로세스는 다시 블럭(124)로 돌아가 층  $n$ 과 관련된 다른 동작이 실행되게 한다. 블럭(150)의 질의가 긍정의 응답을 내면 층 번호 변수  $n$ 은 하나 인크리먼트 ( $n = n + 1$ )한 다음에 블럭(154)로 진행하게 된다.
- [0087] 블럭(154)은 현재 층 번호 변수  $n$ 가 최종 층 번호 파라미터  $N$  보다 큰지의 여부 ( $n > N?$ )에 대해 질의한다. 이 질의의 응답이 "예"이면 모든 층의 형성이 완성되고 프로세스는 블럭(156)으로 진행하고 종료하게 된다. 응답이 "아니오"이면 프로세스는 블럭(120)으로 돌아가 다음 층에 대한 동작의 실행을 시작한다.
- [0088] 블럭(156)은 구조물의 층 형성 프로세스를 종료시키지만 구조물의 모든 층 형성 프로세스를 반드시 종료시키는 것은 아니다. 여기 이외에 및 여기에서 참조하고 있는 여러 특허 출원에서 더욱 상세히 기재된 바와 같이 원하는 구조물의 형성을 완성하기 위해 여러 처리 동작들을 실행할 수 있다.
- [0089] 도 5B-5G는 구조물의 개별층의 형성에 이용될 수 있는 여러 세트의 동작 예를 제공한다. 몇 실시예에서 한 형태의 동작이 구조물의 각 층의 형성에 대해 반복될 수 있는 반면 다른 실시예에서는 여러 층의 형성에 여러

형상으로 아웃라인된 동작에 관여할 수 있다. 다른 실시예에서는 다른 층의 형성 동작이 이용되고/되거나 부가의 층 형성 동작이 이용될 수 있다.

[0090] 도 5A에서 아웃라인된 프로세스는 많은 여러가지 방법으로 수정될 수 있으며 여러 장치의 구성 요소를 이용하여 구현될 수 있다. 프로세스는 하나의 자동 제어 머신으로 구현되거나 여러 머신을 이용하여 구현될 수 있으며 이때 부분 형성된 구조물의 수동 취급이 머신 간에 구조물을 전달하고, 실행되는 프로세스의 허용 가능성을 분석하는 등에 이용된다.

[0091] 몇 실시예에서 본 발명은 예를 들어 (a) 하나 이상의 재료의 하나 이상의 연속되는 적층이 발생했거나 발생하게 될 기관; (b) 적어도 하나의 보이드와 적어도 하나의 재료의 주변 돌출부를 포함하는 마스크; (c) 이전의 적층부와 관련하여 원하는 정합을 가지며 적어도 하나의 전기 화학적 프로세스 포켓 내에 원하는 전해질을 제공하는 적어도 하나의 전기 화학적 프로세스 포켓을 형성하기 위해 마스크의 적어도 하나의 돌출부가 기관에 근접하거나 접촉하게 하기 위한 스테이지; (d) 마스크의 일부이거나 이와는 분리되는 적어도 하나의 전극과 기관 사이에 원하는 전기적 활성을 적용하여 원하는 기관의 수정이 발생하도록 하는 전원; (e) 여분의 재료를 트리밍하고 충분한 재료가 제거되었을 때를 검출하기 위한 평탄화 시스템 (예를 들어, 래핑, 플라이 커팅, 또는 그 외 기계적 또는 화학 기계적 시스템) 및 검출 시스템; 및 실시예에서는 (f) 스테이지와 전원을 제어하기 위한 적어도 하나의 제어기를 포함하는 다중 층 3차원 구조물을 제조하기 위한 장치 (예를 들어, 완전 자동화나 반자동화 장치)의 형태를 취한다.

[0092] 다른 실시예에서 소자(b)의 마스크와 소자(c)의 스테이지는 부착 마스크 배치 (예를 들어, 건조막 시트용 레미네이터 (laminator) 및 액체 계열의 레지스트용 스피너 (spinner)), 패터닝 시스템 (예를 들어, 패턴드 포토마스크나 스캐닝 레이저 빔 및 가능한 경우 현상제를 이용할 수 있는 선택적 노출 시스템), 및 제거 시스템 (예를 들어, 박리 용액, 탱크 및/또는 스프레이어 등)로 대체될 수 있다.

[0093] 기관은 예를 들어 도전 재료 (예를 들어, 선택된 금속 등), 중간 도전 재료 (예를 들어, 도핑된 실리콘 등), 도전성 시드 (seed)층이 형성되어 있는 유전성 또는 혼합 유전/도전/반도체 베이스의 형태일 수 있다. 스테이지는 볼 스크류나 그 외 회전 운동을 선형 운동으로 전환하기 위한 메커니즘을 구동하는 선형 모터나 스테퍼 모터 또는 로터리 모터로 구동되는 선형 스테이지를 포함할 수 있으며, 이는 다르게 또는 부가하여 압력 구동 연장 또는 축소 풀무 메커니즘을 포함할 수 있다. 스테이지는 적소에 엔코더를 포함할 수 있으며 대강의 이동 스테이지와 정교한 이동 스테이지와 같은 다수의 스테이지를 포함할 수 있다. 스테이지는 원활한 이동을 위해 에어 베어링 등에서 이동할 수 있다. 모든 세 방향으로의 선형 이동 및/또는 회전 이동을 가능하게 한다. 특히 스테이지는 마스크의 결합면과 기관의 것 사이에서 원하는 양의 비평행성이나 비평탄성을 성취하기 위해서 기관이나 컨택트 마스크를 기울이게 할 능력을 제공할 수 있다. 전원은 임의의 동작을 일으키는 데에 필요한 적당한 형태를 취할 수 있다. 예를 들어, 이것은 DC 또는 펄스 DC 전원일 수 있고; 고정된 전류나 고정 전압 또는 가변 전류나 가변 전압을 출력하도록 제어될 수 있다. 정확한 제어를 위한 피드백을 포함할 수 있다. 제어기는 각종 형태를 취할 수 있다. 예를 들어, 다른 구성 성분을 원하는 방법으로 제어하는 (예를 들어, 다중 층 구조물을 구축하기 위해 복수회 동작을 반복하는) 방법으로 프로그램된 컴퓨터일 수 있거나 각각 조작자에 의해 제어되는 여러 장치 구성 요소에 대한 개별의 제어 요소일 수 있다. 컴퓨터는 조작자나 유저에게 정보를 공급하기 위한 모니터 또는 그 외 디스플레이 및/또는 프린터, 기록된 파라미터와 측정치를 저장하기 위한 메모리, 키보드, 마우스, 터치 스크린, 또는 조작자로부터의 입력을 수용하기 위한 것을 포함할 수 있다. 컴퓨터는 네트워크에 연결되어 시스템의 원격 제어 또는 하나의 컴퓨터에 의한 복수 시스템의 제어를 가능하게 한다.

[0094] 많은 다른 장치 구성 요소가 또한 몇 실시예와 결합될 수 있다: (1) 시스템 구동 요소를 적당한 정밀도로 유지하기 위한 강성의 프레임 및 제어 환경이 존재하게끔 하는 실딩 패널, (2) 제어된 에어나 가스 시스템, (3) 온도 조절 시스템, (4) 기관 세정 시스템, (5) 기관 활성화 시스템, (6) 도금 시스템 및 전해질 교체 또는 세정 시스템, (7) 에어 필터 및 순환 시스템, (8) 카메라, 데이터 획득 및 저장 시스템 등의 프로세스 모니터링 장치, (9) 액세스 도어 및 패널, (10) 관찰 윈도우나 카메라 및 모니터, (11) 빛과 청각 신호를 포함하는 조작자 경보 시스템, (12) 선택된 재료 등의 확산 접촉, 용융 또는 흐름을 실행하기 위한 가열 시스템 등.

[0095] 연속층의 기관에 대한 층의 평형성은 도 6-8에 나타낸 바와 같이 래핑 고정구(202)의 도움으로 유지될 수 있다. 고정구는 기관의 후면상에서의 비균일한 진공 분포를 최소화함으로써 기관의 왜곡을 최소화하는 대신에 (기관이 형성되게 되는) 기관을 조이는 데에 이용되는 다공성 그래파이트 진공 척(204) (도 7 및 도 8)을 포함한다. 구조물의 제조를 위해 래핑 고정구를 이용하기 이전에, 진공 척은 평탄화 동작 동안 래핑 플레이트 상에 놓이며 마모 링(208)상에 장착되는 마모 패드들(206)의 면 간의 평형성을 성취하기 위해 래핑 고정구에



부착되면서 평평하게 래핑될 수 있다. 이 래핑 고정구의 준비로, 슬라이드 레일(214)에 진공 척을 고정하는 고정자(212)에 의해 초래될 수 있는 진공 척(204)의 표면의 왜곡을 추가로 제거하게 된다. 슬라이드 레일(214)은 마모 링(208)에 장착된 슬라이드 하우징(216)에 대해 상하 이동 가능하다. 슬라이드 레일(214) 및 이에 따른 진공 척(204)의 상하 이동은 상향의 스프링력과 레일, 척 및 기관에 작용하는 하향의 중력의 밸런싱으로 인한 것이다. 인장 스프링 스타일의 카운터밸런스(228)는 조작자가 평탄화되고 있는 면과 래핑 플레이트 간에 효율적인 접촉압을 세팅할 수 있게 한다. 벤츄리 (venturi) 스타일 진공 발생기(218)는 기관을 척(204)에 고정하는 데에 필요한 진공을 제공한다. 진공 밸브(222)는 기관을 장착하고 제거하기 위해서 조작자가 진공을 순서대로 온 오프할 수 있게 한다.

[0096] 슬라이드 레일(214)과 슬라이드 하우징(216)은 매우 팽팽한 직선 이동으로 이동의 무마찰 운동을 보장하는 에어 베어링 스타일 메커니즘을 포함한다. 동작시, 두 개의 구성 성분은 브래킷(226)으로 유지되며 래핑 고정구가 공기의 흐름을 차단하지 않고 회전될 수 있게 하는 로터리 유니온(224)를 통해 공급되는 압축 공기막으로 분리된다. 몇 실시예에서, 슬라이드 레일은 원형의 홀이 중심부를 통과하는 장방형 튜브일 수 있다. 슬라이드의 외부 장방형 크기는 슬라이드 하우징을 통해 내부 장방형 홀에 매우 정확히 매치될 수 있다. 하우징이나 슬라이드 레일은 특히 공기막이 이들 다공성 패드를 통해 공급될 때 하우징에 대한 슬라이드의 원할한 운동을 가능하게 하는 데에 유용한 다공성 그래파이트 패드 등을 벽에 포함할 수 있다.

[0097] 마모 링(208)은 래핑 고정구가 고정축에 대해 회전하게 할 목적으로 래핑 머신상에, 마모 패드가 장착될 수 있는 강성의 안정된 원통면을 제공한다. 마모 패드 (예를 들어, 다결정 다이아몬드)는 마모 링의 하측부에 고정되며 래핑 고정구가 회전하게 되는 안정된 면을 정의한다. 마모 패드는 평탄화될 기관 상의 재료와 비교하여 매우 느리게 마모되므로 구조물 제조 과정 전체에 걸쳐 래핑 고정구에 의해 정의되는 면이 안정되게 유지될 수 있게 한다.

[0098] 슬러리 시일(232) (예를 들어, 고정구가 측정 준비로 윗면이 아래로 되어 있을 때, 세정 동안 마모 링의 표면으로 밀려 있는 오링)이 또한 제공되어 슬러리가 정상 동작 동안 에어 베어링을 오염시키지 않고 또한 기관 세정 동작 동안 베어링을 보호하는 것을 확실히 한다. 슬러리 실드(234)와 슬라이드 상부(236)는 고정구의 상측에 대해 유사한 기능을 행한다.

[0099] 래핑 고정구는 슬라이드 하우징(216)과 슬라이드 레일(214) 간의 상대적 이동을 측정하기 위해 변위 센서를 수용할 수 있다. 래핑 동작 동안, 이 변위의 모니터링은 빌드에서의 재료 제거에 대한 실시간 측정을 위한 수단을 제공한다. 변위 센서로부터의 신호는 래핑 고정구에 장착된 무선 주파수나 적외선 장치를 이용하여 전송될 수 있다. 다르게, 전기적 슬립 링이 동일한 목적으로 이용될 수 있다. 몇 실시예에서 교정된 또는 절대적 위치를 변위 센서로부터의 측정과 관련되게 하여, 변위 센서가 트리밍 프로세스 상태의 절대적 엔드 포인트 검출이나 예상치를 제공할 수 있도록 할 수 있다.

[0100] 복수의 홀(242)은 조작자가 동작 동안 래핑 고정구를 조작하기 위해 이용하는 핸들을 장착하기 위한 것이다.

[0101] 이용할 고정구의 마련 동안, 진공 척은 예를 들어, 두개의 마이크론 다이아몬드 래핑 슬러리를 이용하여 래핑되며, 그 후 진공 척은 가압되고 잔해 없는 다공성 재료를 만드는 데에 이소프로필 알콜 등이 이용될 수 있다.

[0102] 이 래핑 고정구는 빌드의 모든 층 간에 고도의 평행성 (예를 들어, 100mm 표면 양단에 0.5미크론 이내)을 유지하면서 평탄화 면에 대해 매우 높은 정도의 편평성 (예를 들어 100mm 표면 양단에 <0.5미크론)을 성취하기 위해 이용될 수 있다. 고정구의 설계는 부분 형성된 구조물이 고정구로부터 제거되게 하고 그 외 프로세스 동작이 실행되게 한 다음에 기관이 높은 정도의 편평성과 평행성을 유지하면서 재장착 및 평탄화되게 한다.

[0103] 상술된 가동성 진공 척을 이용하게 되면 기관의 왜곡을 최소화할 때에 몇가지 뚜렷한 장점을 제공한다. 몇 실시예에서, 진공 척은 기관의 직경 보다 약간 작은 비차단면을 갖는다. 몇 실시예에서 바람직한 그래파이트 척은 레이저 간섭계를 이용하여 편평성을 측정하기에 충분한 반사성 (specularity)을 성취하면서 98mm 표면 위에 0.3미크론 이상의 편평성으로 쉽게 래핑될 수 있다. 다공성 재료의 이용으로 표면에 진공이 균일하게 분산되게 되고 오염물은 왜곡의 원인이 되지 않도록 하기 위해 다공성 재료 내에 모아지게 된다. 환형 그루브와 같은 다른 스타일의 진공 척이 몇 실시예에서 이용될 수 있다. 몇 실시예에서, 다공성 그래파이트 재료는 다공성 재료를 지지 및 밀봉하는 하우징 (예를 들어, 알루미늄 하우징)에 넣어진다. 다공성 재료는 표면이 래핑되고 하우징의 존재로 인한 방해 없이 또한 진공 누출의 원인인 표면 영역 없이 기관에의 장착이 이루어지도록 하기 위해 약간 하우징 재료로 만들어질 수 있다.

- [0104] 여러 다른 평탄화 고정구가 가능하다. 예를 들어, 몇 다른 고정구들은 진공 척을 슬라이드 하우징에 장착하기 위한 조정 가능한 마운트를 이용한다. 이들 조정 가능한 마운트는 마모 패드의 것에 대한 척의 면에 대해 조정이 이루어지도록 하는 교정된 조정 기구를 갖는다. 이들 조정 가능한 마운트는 진공 척의 면을 세트하는데 이용되므로 기관의 면에 대항하는 외부는 마모 패드의 면에 평행하게 된다. 이런 조정은 초기 재료 적층물이 기관에 위치된 후에 이루어지고, 이 적층물은 마모 패드의 면에 평행하게 래핑되고, 평탄화 적층물의 면에 대한 기관의 면의 측정이 이루어진다. 하나 이상의 부가의 평탄화 동작 및 가능한 하나 이상의 부가의 적층 동작이 마모 패드의 면에 대한 기관 면의 평행성을 확인하거나 조정하기 위해 이용될 수 있다.
- [0105] 몇 실시예에서, 기관의 정면과 후면은 빌드를 시작하기 전에 약 2미크론 내에서 서로에게 평행하게 래핑된다. 이들 실시예에서, 일차 기관 면 (즉, 정면)은 스탠드오프로 정의된 면과 2미크론 정도 평행에서 벗어날 수 있다. 이 오차는 부품의 제1 층에 흡수될 수 있으며, 이는 의도적으로 더 두껍게 만들어질 수 있으며 후속 층과 기관면 간의 평행성은 평행성의 초기 오차를 고려한 것에 기초한다. 다른 실시예에서, 제1 층의 면과 후속 층의 면 간의 평행성이 비교된다. 이 실시예에서, 기관은 래핑 고정구 및 엔드 포인트 측정 고정구 상의 마커와 정렬될 수 있는 플랫폼 또는 노치가 마크되어 있어 각을 이룬 정합이 적당히 고정 유지될 수 있게 할 수 있다.
- [0106] 몇 다른 실시예에서, 척을 마모 패드의 면에 평행하게 래핑하는 대신에, 장착 기관을 마모 패드의 것과 평행한 면을 갖도록 래핑될 수 있다. 이 실시예에서는, 기관이 평탄화나 측정 동작이 발생하게될 때 마다 동일한 배향으로 진공 척 상에 장착되는 것이 바람직하거나 필수적일 수 있다.
- [0107] 몇 실시예에서 진공 척과 기관 둘 다를 평탄화하여 각각이 마모 패드의 면에 평행하게 되도록 하는 것이 바람직하고, 이 경우 기관과 진공 척을 각 래핑 동작이나 래핑 동작의 세트가 실행될 때 동일한 배향으로 장착할 필요는 없다.
- [0108] 도 9-12는 본 발명의 몇 실시예의 예시의 엔드 포인팅 장치의 사시도를 나타낸다. 엔드 포인팅 장치나 고정구는 구조물이 제조되는 기관의 일차 표면에 대해 편평하게 된 적층물의 높이를 측정하기 위해 주기적인 평탄화 동작의 중단 동안 이용될 수 있다. 도 11은 제조 프로세스 전체에 걸쳐 적층물 없이 유지되게 되는 면 상에 세 개의 패드(274, 276 및 278)를 갖는 기관(272)을 개략적으로 도시한다. 이들 패드는 적층물 높이의 측정이 기초로 하는 필요한 참조로 이용되게 된다.
- [0109] 몇 실시예에서 (예를 들어, 도 9-12에서 예시된 바와 같이), 세 개의 엔드포인트 검출 패드가 이용될 수 있으며 빌드 프로세스 전체에 걸쳐 비적층 상태로 유지되는 것이 바람직하거나 프로세스 전체에 걸쳐 노출 유지되거나 측정을 행하는 것이 필요할 때 노출되게 만들어질 수 있다. 몇 실시예에서, 패드는 웨이퍼의 에지 근처에 위치되며 기관의 중심부에 위치된 좌표축에 대해 120° 떨어져 있다.
- [0110] 엔드 포인트 검출 패드 상에서의 적층을 방지하기 위해 여러 방법이 이용되는데, 예를 들어, 도포된 접착층과 시드층을 갖는 유전 기관을 이용할 때 패드는 금속층으로 코팅하기 이전에 레지스트, 왁스, 래커, 접착 테이프 등으로 커버되고, 다음에 측정을 행하기 위해 이 커버링을 제거하여 패드를 노출시킨다. 하나 이상의 금속층이 패드 영역에 이미 적층되어 있는 경우, 이들은 선택적 에칭으로 제거될 수 있다. 몇 실시예에서 패드 영역은 패드 직경을 정의하는 내경을 갖는 구조적 재료 '그로밋(grommet)'으로 둘러싸이게 되고; 선택적 에칭 (예를 들어, 에칭제 침수 스왑을 이용)이 그로밋 내에서 실행되어 필요에 따라 패드를 노출시킨다. 기관이 도금 가능한 금속이면, 패드는 적층 이전에 그리고 측정을 행하기 이전에 레지스트, 왁스, 래커, 접착 테이프, 적층 유전체 (예를 들어, 파릴렌, 실리콘 이산화물, 실리콘 질화물) 등으로 코팅되면, 코팅 재료가 제거될 수 있다. 한편, 코팅 재료가 유전체이고 (평탄화되지 않을 만큼) 충분히 얇고 충분히 강성이라면, 전체 빌드에 걸쳐 적소에 남겨질 수 있다. 다르게, 이런 유전체 코팅이 도금 이전에 부가되고 측정 이전에 제거될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 유전체 (예를 들어, 알루미늄) 삽입물은 패드 근방의 웨이퍼에 제공될 수 있다. 이것은 웨이퍼 내에 끼워져 적소에 접촉제로 붙힌 디스크의 형태를 갖는다 (프레스 피트가 또한 가능하긴 하지만, 웨이퍼의 열적 사이클링 동안 고정되어야만 한다). 삽입물은 웨이퍼와 공동 평면을 이룰 수 있거나, 동일 평면이 아닌 경우 이들의 위치는 일반 웨이퍼 표면과 관련하여 측정되고 나중에 적층되는 층의 높이와 평행성을 결정하기 위해 기록 및 이용될 수 있다.
- [0111] 도 9는 기관 상에 엔드 포인트 측정 패드(274, 276 및 278)와 인터페이스하는 세 개의 고정된 스탠드오프(284, 286 및 288)를 포함하는 엔드 포인팅 장치(300)의 사시도를 나타낸다. 몇 실시예에서, 스탠드오프와 패드의 상관 관계는 엔드 포인트 측정 고정구로부터의 데이터가 어떻게 이용되게 되는지와 기관의 정면이 마모 패드의 면에 평행한지의 여부에 기초하여 고정될 필요가 있다 (예를 들어, 스탠드오프(284)는 항상 패드

(274)에 장착되어야 하고, 스탠드오프(286)은 항상 패드(276)에 장착되어야 하는 등이다). 스탠드오프의 선단부는 가능한 측정 에러의 원인을 방지하기 위해서 측정 프로세스 동안 아주 크게 변형하지 않는 견고한 재료로 만들어지는 것이 바람직하다.

- [0112] 엔드 포인팅 장치(300)는 또한 핸들링 링(304) 및 고정된 스탠드오프가 부착되게 되는 고정구 조임 플레이트를 포함한다. 또한 고정구 조임 플레이트에는 기관의 표면 상의 평탄해진 적층물과 접촉하도록 제어 가능하고 측정 가능하게 연장 및 수축될 수 있는 측정 프로브를 갖는 하나 이상의 측정 프로브 (도 9, 10 및 12에서 나타낸 바와 같이, 선단부(292'-298'))를 포함하는 네 개의 프로브(292-298)가 도시됨)가 부착된다. 몇 실시예에서, 프로브 선단부는 공기압으로 연장되고 반복되는 동일한 압력이 모든 네 개의 프로브에 적용되는 것을 보장하기 위해 정밀한 공기압 조절기가 이용된다. 고정구의 중량은 네 개의 프로브에 의해 인가되는 조합된 힘 보다 상당히 더 커서 정밀도에 영향을 주지 않도록 하는 것이 바람직하다 (반드시 그러지는 않지만). 선단부는 보통 축소 가능하고 외측으로 연장되어 제로 판독을 행하거나 측정을 행한다. 몇 실시예에서, Heidenhain Metro MT1287 길이 게이지가 이용되는 반면 다른 실시예에서는 LVDT 유형 센서가 이용되어 측정 정밀도의 증가 이점이 가능하게 된다. 몇 실시예에서 프로브의 수축은 신장압의 감소와 함께 스프링을 이용하여 이루어진다. 다른 실시예에서, 적층 높이의 비접촉 측정을 제공하는 프로브를 이용하는 것이 가능하다. 또 다른 실시예에서, 고정된 길이 프로브 (즉, 스탠드오프)는 적층 재료와 접촉하며 조정 가능한 길이 프로브나 비접촉 프로브는 엔드 포인팅 패드를 이용하여 접촉하거나 측정을 행한다.
- [0113] 고정구 조임 플레이트(306)는 정확한 측정을 보장하는 적당한 강성과 조임력을 갖는다. 어떤 실시예에서, 핸들링 링은 조작자의 손의 열로 인해 측정 고정구의 크기 왜곡을 초래하지 않도록 하기 위해 거의 열을 전하지 않는 재료로 만들어진다. 다른 실시예에서, 고정구는 다소의 스탠드오프 및/또는 다소의 프로브를 가질 수 있다.
- [0114] 프로브가 교정 프로세스 동안 스탠드오프가 놓이는 편평한 플레이트와 접촉할 때 그리고 이들이 측정되는 표면과 접촉할 때 측정된 변위값의 차이는 평탄해진 재료 두께를 만들어내고 가능하게는 이전에 검출된 먼 또는 기관의 면에 대한 표면의 면을 확인할 능력을 주며, 또한 가능하게 표면 자체의 전반적 평탄성을 확인할 능력을 준다.
- [0115] 도 12는 측정될 기관 상에 놓인 엔드포인트 측정 장치나 고정구(300)의 사시도로 이때 세 개의 스탠드오프가 측정용 패드 상에 위치되어 있다.
- [0116] 몇 실시예에서, 각각 가동 선단부(292'-298')을 갖는 각 특정용 프로브(292-298)는 적당한 허용 오차 표준이 만족되도록 하는 정밀도를 갖는 엔코더 계열의 측정 장치일 수 있다 (예를 들어, 이들은 0.01 미크론의 해상도와 +/-0.05 미크론의 반복성 및 12mm 이동에 대해 +/-0.2미크론의 정밀도로 동작할 수 있음). 이 가동 프로브 선단부는 보통 수축 가능이지만 프로브의 접촉 영역과 가능하게는 고정구 자체의 중량에 기초하여, 설정 가능한 접촉력 또는 적어도 원하는 재료를 측정하는 데에 적합한 힘으로 공기압에 의해 신장될 수 있다.
- [0117] 바람직한 장치의 네 개의 프로브 장치(292-298)는 도 10에서 명확히 볼 수 있으며 네 개의 관련 프로브 선단부(292'-298')는 도 9에서 더욱 명확히 볼 수 있다. 몇 실시예에서, 측정을 행하기 전에 모든 네 개의 프로브는 고정구가 기준 층 (예를 들어, 시각적인 층)에 위치하고 있는 동안 신장 위치에서 제로가 된다. 다른 실시예에서, 프로브 위치 값은 신장된 편평한 플레이트 위치에서 간단히 기록되고 이 값과 편평해진 적층물을 측정할 때 이용되는 값의 차이는 적층 높이와 가능하게는 평행성과 평탄성을 결정하는 데에 이용된다.
- [0118] 몇 실시예에서, 네 개의 프로브에 의해 편평해진 적층물에 행해진 측정은 최소 자승 적합법을 이용하여 표면의 면을 연산하는 데에 이용된다. X 및 Y 경사 (기관의 표면의 면에서 두 수직축인 것으로 가정되는 X 및 Y 축을 따른 면의 경사)와 Z 인터셉트가 연산된다. Z 인터셉트는 일차 기관 표면에 대한 편평해진 적층물의 두께 (모든 적층물의 총 두께)의 표시로 이용될 수 있다. X 및 Y 경사값은 측정된 면이 일차 기관 표면이나 가정된 표면과의 평행성에서 너무 멀리 벗어났는지를 판정하는 데에 이용된다. X 또는 Y 경사의 큰 값은 평탄화 장비 또는 오염원에 문제가 있다는 것을 나타낼 수 있다 (예를 들어, 진공 척 등에서의 적당한 장착을 방해하는 불균일한 패드 마모, 오물, 슬러리 입자 등). 실제, 기관의 정면이 기관의 후면에 대해 편평하게 만들어지지 않으면, 적층 재료와 기관의 정면의 평면 배향 간에 상당한 차이가 존재하게 되고 이 경우 평면의 배향을 제1 적층 재료 층이나 다른 적층 재료 층과 연관된 것이나 가정되는 평면과 연관된 것과 비교하는 것이 바람직하다. 다르게, 기관은 측정용 패드 영역이 위에 형성되어 있도록 만들어지게 되는 평탄해진 재료 층으로 먼저 코팅될 수 있으며, 이의 후속의 적층 두께와 평면 배향이 측정될 수 있다.
- [0119] 몇 실시예에서, 평면 경사는 평행성 제어가 적당하게 작용하는지를 판정하기 위해 이용된다. 엄격한 허용 오

차가 이용될 수 있다 (예를 들어, 밀리미터당 0.01 미크론, 이는 100mm 표면에 대한 1 미크론 웨지에 해당함).

[0120] 몇 실시예에서, 주지된 바와 같이, 고정된 길이의 소자는 적층 재료와 접촉할 수 있는 반면, 가동 프로브는 기관 또는 이전에 형성된 층과 관련되는 재료 상의 접촉 패드와 접촉하도록 만들어진다.

[0121] 몇 실시예에서, 평탄성을 결정하기 위해 엔드포인트 측정 장치의 프로브를 이용하는 대신에, 적당한 편평성이 이루어졌는지를 검사하기 위해 레이저 간섭계를 이용한다 (예를 들어, 0.3 미크론). 편평성이 사양을 벗어나면 이것은 래핑 플레이트가 재평탄화될 필요가 있다는 지시가 될 수 있다.

[0122] 몇 실시예에서, 도 5B 및 도 5C의 예에서 나타난 바와 같이, 다수의 평탄화 동작은 원하는 층의 두께 또는 부분적으로 형성된 구조물의 두께를 성취하는 데에 이용될 수 있다. 대강의 래핑 단계는 래핑 레벨을 예를 들어, 모든 이전의 층의 두께에 현재 층의 두께를 더하고 또한 +/- 0.1 미크론의 허용 오차 내에서 4 미크론 오프셋을 더한 값으로 하는 거친 연마재 (예를 들어 9 미크론의 연마재 입자)의 이용을 포함할 수 있다. 다음에 미세한 연마재 (예를 들어, 2 미크론의 연마재)가 두께를, 예를 들어 최종 표면의 원하는 위치 위에서 0.1+/-0.05 미크론의 값으로 하도록 이용된다. 모든 이들 측정은 기관을 고정구에 조인 상태에서 실행된다. 몇 실시예에서 최종 연마 단계가 이용되는데 이때 소정 양의 재료가 제거되게 된다고 가정된다 (예를 들어, 0.1 미크론). 이 동작은 래핑 고정구의 이용 없이 실행될 수 있다. 몇 실시예에서는, 기관이 고정구에서 제거되면, 기관이 굴곡될 위험의 증가 등으로 인해 측정을 실행하는 것이 바람직하지 않다. 이들 실시예에서 연마 이후의 최종 측정은 실행될 수도 안될 수도 있다.

[0123] 몇 실시예에서, 하나의 평탄화 프로세스는 원하는 표면 수준에 이를 때 까지 필요에 따라 실행 및 반복될 수 있다.

[0124] 몇 실시예에서, 두꺼운 기관, 예를 들어, 100mm 직경의 웨이퍼에 대해 10mm, 150mm 직경의 웨이퍼에 대해 15mm 등의 범위 내의 두께를 갖는 웨이퍼를 이용할 수 있다. 이런 두꺼운 기관은 다음의 장점을 제공하는데: (1) 이들은 고압력의 금속막이 이들에 적층될 때에도 편평하게 유지되고, (2) 이들은 평탄화 동안 진공 척이나 그 외 고정구의 편평성의 영향을 덜 받고, (3) 이들은 대향면의 높은 수준의 편평성과 평행성으로 평탄화 하기가 용이하고, (4) 이들은 처리 동안 취급하기에 더욱 로버스트하다. 이런 웨이퍼는 층 제조가 완성된 후에 박막화된다 (예를 들어, ID/환형 절단기, 다이아몬드 와이어 절단기 등을 이용하여). 다른 실시예에서, 두꺼운 웨이퍼의 효과를 제공하기 위해 두꺼운 "캐리어"를 얇은 기관에 접착하여 두꺼운 기관을 얻는다.

[0125] 상술한 바와 같은 도 5A의 방법의 실시예 및 도 6-8의 래핑 고정구 장치 및 도 9-12의 엔드 포인트 검출 장치에 대해 여러 보강 및 대안이 가능하다. 예를 들어, 다른 대안 실시예로, 래핑 고정구의 측정 장치로부터 확인된 변위 값은 일부나 모든 층에 대한 엔드포인트 검출을 제공하는 데에 이용된다. 몇 실시예에서, 기관은 측정 동안 래핑 고정구에 장착 유지되는 반면, 다른 실시예에서는 기관과 고정구가 분리된 후에 측정이 이루어진다. 몇 실시예에서, 비다공성 진공 척이 이용되는 반면 (예를 들어, 가공된 개구 등을 갖는 진공 척) 다른 실시예에서는 그래파이트 이외의 재료로 만들어진 다공성 진공 척이 이용된다. 몇 실시예에서, 기관을 진공 척에 고정시키는 진공 소스는 상술된 바와 같이 슬라이드 레일과 하우징 사이에 베어링력을 제공하는 동일한 공기 공급 장치에서 공급하는 벤츄리 스타일의 발생기인 반면, 다른 실시예에서는 다른 유형의 진공 발생기가 이용되거나 그 외 공기압원이 이용될 수 있다.

[0126] 본 발명의 여러 다른 실시예가 있다. 이들 실시예 중 몇은 여기에서 참조하고 있는 여러 개시물과 조합하여 이루어질 수 있다. 몇 실시예는 블랭킷 적층 프로세스를 이용할 수 없고/거나 평탄화 프로세스를 이용할 수 없다. 몇 실시예는 단일 층이나 여러 층 상에 복수의 다른 재료를 선택적으로 적층한 것을 포함한다. 몇 실시예는 전기 적층 프로세스가 아닌 선택적 적층 프로세스나 블랭킷 적층 프로세스를 이용할 수 있다. 몇 실시예는 구조적 재료로 니켈을 이용하지만 다른 실시예는 다른 재료를 이용할 수 있다. 몇 실시예는 희생 재료를 갖추거나 없이 구조적 재료로 구리를 이용할 수 있다. 몇 실시예는 희생 재료를 제거하는 반면 다른 실시예는 제거하지 않을 수도 있다. 몇 실시예에서 어노드 (전기 적층 동안 이용됨)은 적합성 접촉 마스크 지지체와 다르며 지지체는 다공성 구조물이나 그 외 천공 구조물일 수 있다. 몇 실시예는 블랭킷 적층 동작과 관련한 마스크 계통의 선택적 에칭 동작을 이용한다. 몇 실시예는 층 마다에 기초하여 구조물을 형성할 수 있지만 층 간의 재료를 인터레이스하는 프로세스를 위하여 평면층 축적 프로세스로 엄격한 평면층에서 벗어날 수도 있다. 이런 다른 빌드 프로세스가 여기에서 참조로 언급되는 "인터레이스된 층 또는 선택적 에칭이나 보이드 충전으로 구조물을 전기 화학적으로 제조하기 위한 방법 및 장치"로 표제되어 2003년 5월 7일자 출원된 미국 출원 번호 10/434,519에 개시되어 있다.

- [0127] 여러 실시예가 바람직한 평탄화 기술로서 래핑에 초점을 맞추고 있지만, 여기 개시된 기술은 평탄화 기술이 래핑 이외의 것, 예를 들어 화학 기계적 평탄화, 밀링, 다이아몬드 플라이 커팅 등일 때 응용될 수 있다. 특히, 엔드 포인팅 고정구 및 방법은 평탄화 프로세스가 래핑 이외의 것일 때 응용 가능하다고 생각된다. 전기 화학적 제조 프로세스 동안 평탄화 동작을 위해 다이아몬드 플라이 커팅의 이용에 관한 개시를 미국 특허 출원 번호 60/534,159에서 찾아볼 수 있으며, 이는 Cohen 등에 의해 함께 출원되었으며, "적층 재료의 평탄화시 다이아몬드 가공의 이용을 포함하는 다중 층 구조물을 제조하기 위한 전기 화학적 제조 방법"으로 표제되었다. 이 출원은 여기에서 참조로 언급되고 있다.
- [0128] 본 발명의 다른 실시예는 다중 층이나 단일층의 구조물이나 장치를 빌드하는 데에 이용되는 방법 및 장치에 관한 것으로 이 때 평탄화는 플라이 커팅 머신 (예를 들어, 도 13의 플라이 커팅 머신)에서 단일 지점 다이아몬드 가공 프로세스로 실행된다. 이하 논의되는 장치와 방법은 조작자가 기관의 일차 면을 측정 및 조정할 수 있게 하여 플라이 커팅 동안 만들어진 새로운 면이 기관의 일차 면과 평행하게 한다.
- [0129] 동일한 장치는 또한 조작자가 적층물의 대략의 두께를 측정할 수 있게 한다. 조작자는 기관의 일차 기관 표면에 평행한 편평한 표면을 만들도록 초기 플라이 커팅 단계를 실행할 수 있다. 몇 실시예에서, 이 평행한 표면의 두께를 측정함으로써, 조작자는 얼마나 많은 재료가 원하는 층의 두께를 성취하도록 제거되어야 하는지를 확인할 수 있으며 머신에게 재료의 양을 정확하게 제거하도록 명령할 수 있다. 몇 실시예에서, 새로 형성된 평면이 일차 기관 표면과 평행하다는 것을 확실하게 하기 위해 하나 이상의 검사가 이루어진다. 초기 적층물의 차등 높이와 평탄화된 층의 원하는 높이에 따라서, 플라이 커팅은 표면의 각 부분을 가로질러 블레이드의 한번의 통과시 모든 필요한 재료를 제거할 수 있거나 복수회 통과를 행할 수 있는데 이때 중간 측정 동작은 있거나 없을 수도 있다. 주기적으로, 커팅면이 검사되고 연속층들이 서로 평행하게 유지되고 적당한 두께를 갖는 것을 확실하게 하기 위해 필요한 기관의 배향 수정을 행한다. 최종 플라이 커팅 단계가 실행되면, 층 두께 뿐만 아니라 새로운 표면의 면이 확인될 수 있다.
- [0130] 상술된 래핑에 기초한 평탄화 실시예에서와 같이, 측정 및 평탄화 동작은 도 11에서 나타난 바와 같이 기관에 위치된 세 측정 패드 (예를 들어, 검출 패드, 컨택트 패드, 등)로부터 판정되는 바와 같이 기관의 일차 표면 (예를 들어, 재료 층이 부가되는 기관의 정면)에 기초하는 것이 바람직하다. 바람직한 실시예에서, 세 패드는 각 빌드에 대한 제조 프로세스 전체에 걸쳐 유지된다. 몇 다른 실시예에서 당업자에게는 기관 패드의 정면 상에 위치된 패드를 이용하는 대신에 기관의 배면 상에도 위치될 수 있다는 것이 이해될 것이다. 또 다른 실시예에서, 기관의 표면 상에 고정 패드를 유지하는 대신에, 연속 층 각각이나 그 일부 상에 형성된 패드가 형성된 하나 이상의 후속 층의 평탄성을 확인하고 높이를 세트하는 데에 이용될 수 있다.
- [0131] 도 13은 플라이 커팅 머신의 주요 구성 요소의 개략적 사시도를 제공한다. 전기 화학적으로 제조된 구조물이 만들어진 기관(404)은 기관 평면 조정부(406)에 부착되고 여기에서 화살표(410)로 정의되는 z 방향으로 이동할 수 있는 z축 스테이지(408)에 장착된다. z 축은 플라이 커팅 툴이 지나간 면에 실질적으로 수직인 방향으로 연장된 축이다. z 축 스테이지(408) 및 z 축 스테이지(418)는 전체적으로 장치에 기계적으로 고정된 플랫폼을 제공하는 방진 매스 (vibration isolated mass; 도시 생략)에 장착된다. x 축은 z 축에 수직인 방향으로 연장되며 화살표(420)로 나타난 방향으로 전후방 이동되게 한다. x 축 스테이지는 플라이 커팅 스핀들(422)을 고정하고 다음에 이것이 플라이 커팅 툴 홀더(424)를 고정하고 이어서 이것은 플라이 커팅 툴 (도시 생략) 자체를 고정한다. 몇 실시예에서, 툴 홀더에 장착된 툴은 단결정 다이아몬드인 반면 다른 실시예에서는 다른 툴 재료가 이용될 수 있다. 측정 고정구(426)는 스핀들 하우징에 부착된다.
- [0132] 스핀들(422)은 매우 강하고 안정된 고속 에어 베어링을 이용한다. x 축과 z 축 스테이지(408 및 418)는 매우 정밀하며 강성이고 오일 유체 정역학 베어링을 이용한다. 장치의 스핀들, x 스테이지, 및 z 스테이지 부분 (기관 표면 조정 고정구, 기관 홀더 및 측정 고정구는 제외)는 컴퓨터 제어 하드웨어, 소프트웨어, 방진 매스, 보호 하우징 등과 함께 예를 들어, New Hampshire Keene 소재의 Moore Nanotechnology Systems, LLC로부터 모델 번호 Nanotech 350UPL로 구매될 수 있다. 이들 구성 요소들이 결합되어 가공 시스템에 10 나노미터 위치 선정 해상도 및 10 mm 직경 양단에 약 100 나노미터의 평탄도로 표면을 플라이 커트할 능력을 제공한다.
- [0133] 기관은 z 축 스테이지로 위치 설정되는 반면 측정 고정구는 x 축 스테이지에 의해 위치 설정되어 이들이 함께 모아지게 하여 높이, 평면 배향 등이 측정될 수 있게 한다. x 축 스테이지와 z 축 스테이지를 이용하여, 기관과 플라이 커팅 툴의 경로가 교차하게 한다. 스핀들에 대한 플라이 커팅 툴 홀더의 자유 휠링으로 셋업 동작 등 동안 발생하는 툴과 기관 간의 접촉을 가능하게 하도록 z 축 스테이지를 전방 이동시키면서 플라이 커

팅 틀이 기관의 경로에서 전후방으로 회전되게 할 수 있다.

[0134] 도 14에서, 세 개의 측정 프로브 핑거 선단부(434-1, 434-2, 및 434-3)는 컴퓨터 제어 가능 및 판독 가능한 측정 프로브 장치(432-1, 432-2, 및 432-3)의 접촉부를 형성한다. 프로브는 z 축을 따라 구동 가능하며 측정되는 표면과 접촉할 때 위치를 전기적으로 판독할 수 있다. 원하는 위치 및/또는 배향의 표면에 이르게 되면 프로브 판독은 기준면을 세팅하기 위해 다시 제로로 설정될 수 있다. 이용 중에, 프로브 핑거의 선단부는 x 축을 따라 위치 선정되므로 이들은 기관이 미리 정해진 배향으로 세팅되어 홀더로 고정될 때 기관 상에 세 측정 패드(274, 276, 및 278)와 정렬되어 접촉하도록 x 축을 따라 위치 정해진다. 다른 이용시, 프로브의 위치 선정은 선단부가 측정용 패드와 인접하거나 멀리 떨어진 기관 상의 영역과 접촉하도록 정의될 수 있다. 또 다른 이용시에 기관은 선단부가 패드와 정렬되지 않도록 비표준 배향으로 홀더에 위치될 수 있다. 이런 비표준 배향 위치 선정은 기관의 정면 및 배면의 평행성에 대한 정보를 가져오는 데에 이용될 수 있다.

[0135] 프로브 선단부는 고 정밀의 공기압 조정기에 의해 제공되는 공기압을 이용하여 신장 가능하므로 모든 프로브가 동일한 반복 접촉력으로 접촉하게 된다. 통상의 동작시, 기관과 프로브는 프로브 선단부가 수축되면서 x 축 위치로 간다. 일단 위치되면, 프로브 선단부는 신장되고 세 측정이 이루어진다. 일차 기관 표면의 평면은 세 측정 패드로부터의 판독으로 확인된다. 측정된 평면의 배향이 원하는 평면의 배향과 일치하지 않으면, 기관 기준 표면의 평면이 평면 조정 고정구에 의해 허용 가능한 범위 내의 평면으로 조정될 수 있다. 통상 기준 표면의 면은 표면을 평탄화할 때 플라이 커팅 틀이 형성하는 면이 되는 머신의 X-Y 평면에 대해 제로 경사를 갖도록 조정된다. 실제, 두 선형 작동기(446-1, 446-2)를 이용한 평면의 조정 후에, 프로브 선단부는 기관의 평면이 적당히 조정된 것을 측정 및 확인하기 위해 다시 기준 패드와 접촉하게 된다. 어떤 경우, 반복되는 측정 및 조정은 단일 패스시 달성될 수 있는 것에 따라 정렬성을 개선할 수 있지만, 이는 통상 불필요한 것으로 알려져 있다. 측정 이후 프로브 선단부는 보통 부주의한 기관의 스크래칭이 발생하지 않도록 수축된다.

[0136] 도 15는 측정 고정구의 상세도를 나타낸다. 측정 프로브(132-1-132-3)는 도 13에 나타낸 바와 같이 프로브 클램프(133-1-133-3)로 고정되고 이는 다시 수평 플레이트(135)에 부착되고 다음에 이는 수직 플레이트(137)에 부착되고 다음에 스프링 하우징(42)에 부착된다.

[0137] 도 16은 다공성 탄소 진공 척(454)을 이용하여 기관 면 조정 고정구에 장착된 기관을 나타낸다. 다공성 탄소 재료는 진공 척(454)이 고정구에 장착된 후에 커팅 면과 동일한 경사를 갖도록 머신에서 플라이 커트된다 (예를 들어, 100 mm 표면 양단에 0.3 마이크로 내로 편평). 이 능력은 운동학적 플레이트(456)에 진공 척을 장착한 동안 생기는 왜곡을 제거하기 위해 이용된다. 진공 척은 진공원과 공기압원 둘 다에 제어 가능하게 연결되어 기관이 척에 대해 제어 가능하게 부착, 해제 및 용이하게 위치 선정될 수 있게 한다.

[0138] 진공 척의 저부와 하측부 상에 세 개의 기관 위치 결정 브래킷(458-1-458-3)이 기관을 위치 정하기 위해 이용된다. 저부 브래킷(458-2)은 진공을 온 상태로 하기 전에 회전 정합을 제공하는 것을 돕기 위해서 기관의 모서리에서의 평면이 편평한 브래킷 표면 상에 놓이게 하는 편평한 표면을 제공한다. 운동학적 플레이트는 고정된 베이스를 제공하고 이 베이스에는 배면측 상에 운동학적 구성 요소가 부착될 수 있다.

[0139] 도 17은 운동학적 플레이트(456)가 제거되어 있는 기관면 조정 고정구(406)를 나타낸다. 세 개의 절단 구형(462-1-462-3)은 세 개의 그루브된 브래킷과 회전 가능하게 맞물리도록 운동학적 플레이트에 부착된다. 도 17에서 세 개의 구형은 운동학적 플레이트로부터 분리된 것으로 나타나 있다. 그루브된 브래킷중 하나는 베이스(467)에 장착된 고정된 수직 플레이트(466)에 위치되고 이어서 이것은 Z 스테이지에 장착되는 반면 다른 두 브래킷은 진공 척 상에 장착될 때 기관 면을 조정하기 위해 이동될 수 있는 두 고정구 암 상에 위치되어 있다. 세 개의 스프링 인장 볼트(464-1-464-3)는 고정된 수직 플레이트(466)를 통해 연장되어 운동학적 플레이트와 연관된 절단 구형에 부착되고 이를 큰 예압력으로 그루브에 대해 당기고, 이에 의해 강성의 메커니즘을 형성할 수 있다.

[0140] 도 18은 절단 구형(462-1 및 462-3), 관련된 그루브 브래킷(468-1 및 468-2), 인장 스크류(464-2), 및 고정구 암(474-1)을 고정된 수직 플레이트(466)에 부착하는 부착 브래킷(472-1)을 포함하는 운동학적 구성 성분의 일부의 확대도이다. 절단 구형 및 그루브는 구성 성분의 기하학이 안정되게 유지되는 것을 확실히 하기 위해 경화처리 강 (steel)으로 구성된다.

[0141] 도 19는 부가의 구성 성분을 드러내도록 측면 플레이트(478-1)가 제거된 기관 면 조정 고정구(454)의 배면측을 나타낸다. 운동학적 플레이트 상의 큰 예압을 형성하기 위해 인장 볼트로 작용하는 세 개의 인장 압축 스프링(465-1 내지 465-3)이 있다. 두 개의 굴곡 레버 암(474-1 및 474-2)이 있는데, 각각 그루브된 브래킷 중

하나가 부착되어 있다. 굴곡 지점(473-1 및 473-2)은 각각 크로스 바(479)를 거쳐 측면 플레이트(478-1 및 479-2)에 장착된 선형 작동기(446-1 및 446-2)가 새로운 위치로 구동될 때, 굴곡 레버 암(474-1 및 474-2)에 회전 지점을 제공한다. 도 18에 나타낸 부착 브래킷은 굴곡 레버 암을 도 19에 나타낸 수직 플레이트에 연결한다. 각 선형 작동기는 각 굴곡 암을 작동하는 데에 이용된다. 그루브와 절단 구형의 운동학적 접촉에서 오프셋된 작동 지점을 갖는 것으로 성취되는 기계적 장점은 두 목표를 성취한다: (1) 기계적인 지레 작용을 제공하고, 그렇지 않으면 큰 예압으로 인해 선형 작동기는 더욱 더 강력해져야 하고, 값비싸고 덜 정확해짐; (2) 기계적 장점으로 인해 정확도의 증가를 제공한다. 본 실시예에서, 메커니즘은 심중팔구 기계적 장점을 제공하지만 다른 실시예에서는 다소의 기계적 장점을 이용할 수도 있다. 본 작동기 (예를 들어, 다이아몬드 운동 작동기 N100DC)는 0.1 마이크로미터의 해상도를 가지며, 이는 평면 조정을 위해 시스템에 10 나노미터의 해상도를 제공한다. 도 19에서는 선형 작동기와 굴곡 레버 암 사이의 접촉점에서 이용되는 텅스텐 탄화물 스트라이크(182-1) 중 하나를 볼 수 있다.

- [0142] 도 20은 도 13-15의 측정 고정구와 프로브의 제로 면을 플라이 커팅 툴에 의해 절단된 면과 일치시키는 데에 이용될 수 있는 샘플 동작을 기재한 플로우차트를 제공한다.
- [0143] 도 21은 다이아몬드 툴에 의해 절단된 면에 대해 (재료 층이 적층되었거나 적층될) 기관의 정면의 평행성 또는 적층 재료 자체의 평행성을 세트하는 데에 이용될 수 있는 샘플 동작을 기재한 플로우차트를 제공한다.
- [0144] 도 22는 도 13의 장치를 이용하여 기관 상의 재료 적층을 원하는 높이로 트리밍하는 데에 이용될 수 있는 동작을 기재한 플로우차트를 제공한다.
- [0145] 도 20-22에 기재된 것과 다른 방법들은 당업자에게는 여기 개시된 바를 고찰하게 되면 명백하게 될 것이다. 다른 프로세스에서, 다양한 동작들은 제거될 수도 있고, 다른 동작들이 추가될 수도 있고, 여러 대체 동작들이 이용될 수도 있다.
- [0146] 유전 기관 상의 구조물의 형성 및/또는 유전 재료를 형성 프로세스에 그리고 형성된 최종 구조물에 결합시키는 구조물의 형성에 관한 개시가 2003년 12월 31일자 출원된 다수의 특허 출원에 기재된 바 있다. 이들 출원 중 첫번째로는 "유전 재료와 관련하여/하거나 유전 기관을 이용하는 전기 화학적 제조 방법"으로 표제된 미국 특허 출원 번호 60/534,184가 있다. 이들 출원 중 두번째로는 "유전체 기관을 이용한 전기 화학적 제조 방법"으로 표제된 미국 특허 출원 번호 60/533,932가 있다. 세번째로는 "유전 재료와 관련된 전기 화학적 제조 방법"으로 표제된 미국 특허 출원 번호 60/534,157이 있다. 네번째로는 "평탄화에 의해 부분 제거된 유전체 시트 및/또는 시드층과 관련된 구조물을 전기 화학적으로 제조하기 위한 방법"으로 표제된 미국 특허 출원 번호 60/533,891이 있다. 다섯번째로는 "다공성 유전체 상에 다중 층 3차원 구조물을 제조하기 위한 전기 화학적 제조 방법"으로 표제된 미국 특허 출원 번호 60/533,895가 있다. 이들 특허 출원은 각각 여기에서 기재된 바와 같이 참조로 결합되고 있다.
- [0147] 여기에서 개시된 바에 비추어, 당업자라면 본 발명의 많은 다른 실시예, 다른 설계, 및 이용이 명백하게 될 것이다. 이와 같이, 본 발명은 상술된 특정 실시예, 대안 및 이용에 제한되는 것이 아니고 단지 이하 제시되는 청구범위에 의해서만 제한되는 것이다.

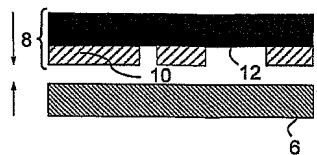
**도면의 간단한 설명**

- [0046] 도 1A-1C는 여러 단계의 CC 마스크 도금 프로세스의 측면도를 개략적으로 도시하는 반면, 도 1D-G는 여러 유형의 CC 마스크를 이용한 CC 마스크 도금 프로세스의 여러 단계의 측면도를 개략적으로 도시한다.
- [0047] 도 2A-2F는 특정 구조물의 형성에 적용되는 여러 단계의 전기 화학적 제조 프로세스의 측면도를 개략적으로 도시하며, 이 때 희생 재료는 선택적으로 적층되는 반면 구조적 재료는 블랭킷 적층된다.
- [0048] 도 3A-3C는 도 2A-2F에 도시된 전기 화학적 제조 방법을 수동으로 구현할 때 이용될 수 있는 여러 예의 서브어셈블리의 측면도를 개략적으로 도시한다.
- [0049] 도 4A-4I는 부착 마스크 도금을 이용한 구조물의 제1 층의 형성을 개략적으로 도시한 것으로, 여기에서 제2 재료의 블랭킷 적층으로 제1 재료의 적층 위치들 간의 개구와 제1 재료 자체 둘 다를 덮어버리게 된다.
- [0050] 도 5A는 앤드-포인팅 고정구과 개별의 평탄화 고정구를 이용하는 본 발명의 제1 실시예에 따른 다중 층 3차원 구조물을 형성하기 위한 방법의 플로우차트를 제공한다.

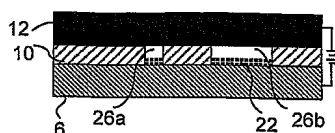
- [0051] 도 5B-5G는 도 5A의 프로세스와 관련하여거나 다른 프로세스와 관련하여 이용될 수 있는 동작 세트의 예를 제공한다.
- [0052] 도 6 및 도 7은 본 발명의 제1 실시예에 이용하기 적합한 래핑 고정구의 여러 사시도를 제공한다.
- [0053] 도 8은 고정구의 중심을 수직으로 연장한 절단면에서 본 도 6의 래핑 고정구의 단면도를 제공한다.
- [0054] 도 9 및 도 10은 본 발명의 제1 실시예에 이용하기 적합한 엔드 포인팅 고정구의 여러 사시도를 제공한다.
- [0055] 도 11은 세 엔드-포인트 측정 패드를 갖는 기관의 상면도를 개략적으로 도시한다.
- [0056] 도 12는 도 11의 기관 상에 장착된 도 9 및 도 12의 엔드 포인팅 장치의 사시도를 제공한다.
- [0057] 도 13은 본 발명의 몇 실시예에 따른 플라이 커팅 머신 레이아웃의 사시도를 제공한다.
- [0058] 도 14는 도 12의 머신 레이아웃의 측정 고정구 및 기관 유지 및 면 조정 고정구의 클로즈업 사시도를 제공한다.
- [0059] 도 15는 도 14의 측정 고정구에 초점을 맞춘 사시도를 제공한다.
- [0060] 도 16은 도 14의 기관 유지 및 면 조정 고정구에 초점을 맞춘 사시도를 제공한다.
- [0061] 도 17은 기관 유지 고정구의 운동학적 플레이트 및 기관 자체가 제거된 도 14의 면 조정 고정구에 초점을 맞춘 사시도를 제공한다.
- [0062] 도 18은 인장 상태의 진공 척 (chuck)을 고정하기 위해 절단된 구형 소자, 조정 암 굴곡 지점, 진공 척 부착 브래킷 및 스프링 로딩 로드 (rod)를 포함하는, 면 세팅 고정구의 특정 구성 요소에 초점을 맞춘 사시도를 제공한다.
- [0063] 도 19는 도 14의 면 세팅 고정구의 후면의 사시도를 제공한다.
- [0064] 도 20은 도 13-15의 측정 고정구와 프로브의 체로 면을 플라이 커팅 툴에 의해 절단된 면과 일치시키는 데에 이용되는 샘플 동작을 기재하는 블록도를 제공한다.
- [0065] 도 21은 다이아몬드 툴에 의해 절단된 면에 대한 (재료 층이 적층되고/거나 적층되게 될) 기관의 정면의 평행성, 또는 적층 재료 자체의 평행성을 세팅하는 데에 이용되는 샘플 동작을 기재한 블록도를 제공한다.
- [0066] 도 22는 도 13의 장치를 이용하여 원하는 높이로 기관 상의 적층 재료를 트리밍하는 데에 이용되는 동작을 기재한 블록도를 제공한다.

**도면**

**도면1A**

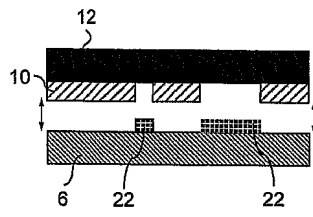


**도면1B**

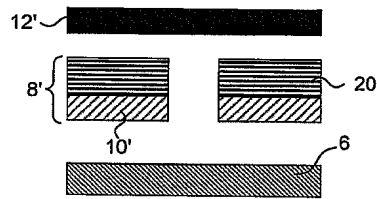




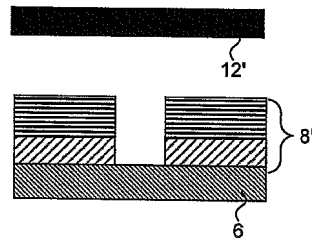
도면1C



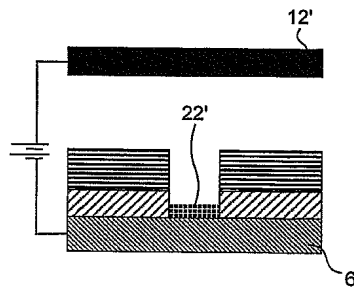
도면1D



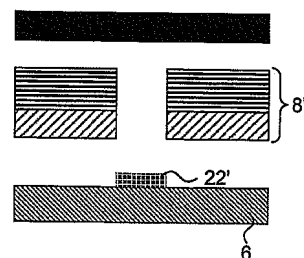
도면1E



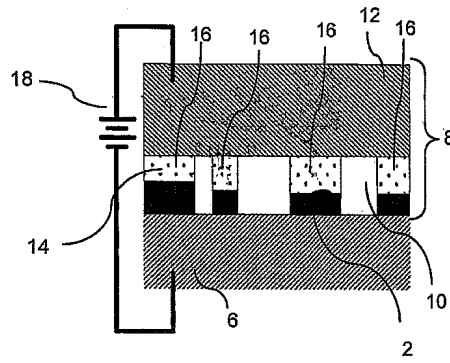
도면1F



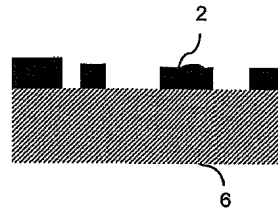
도면1G



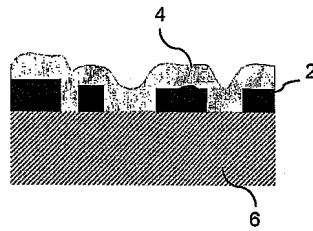
도면2A



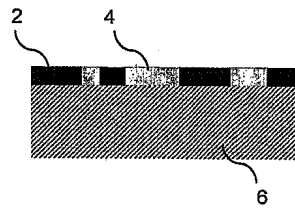
도면2B



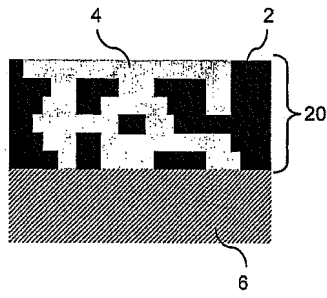
도면2C



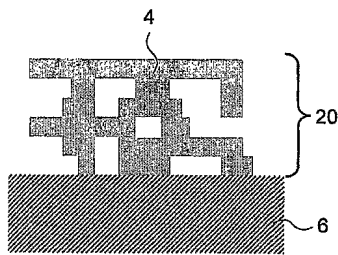
도면2D



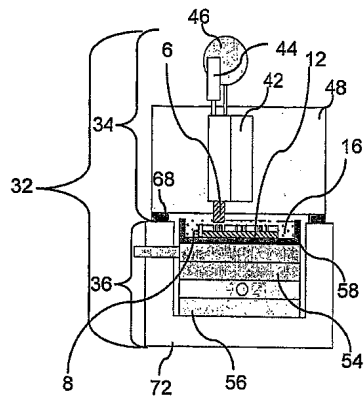
도면2E



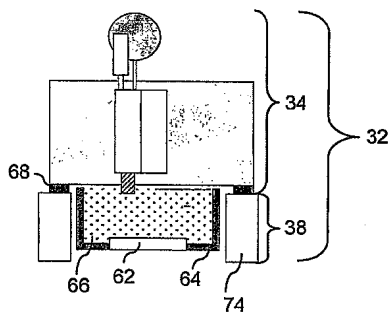
도면2F



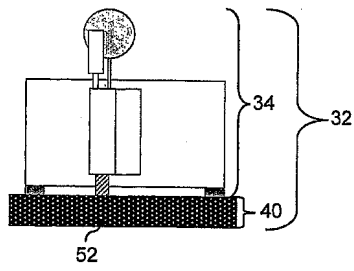
도면3A



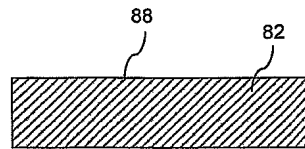
도면3B



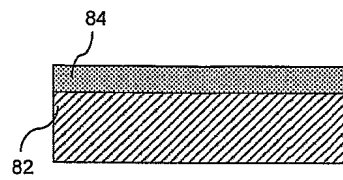
도면3C



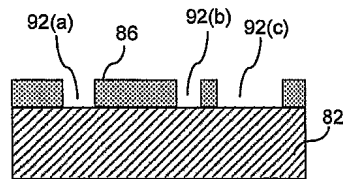
도면4A



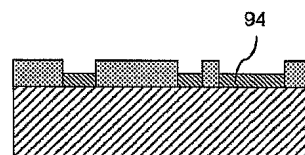
도면4B



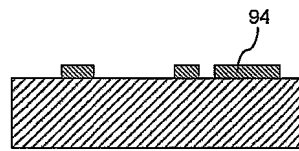
도면4C



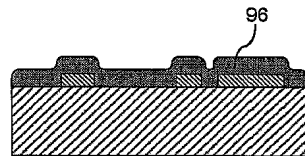
도면4D



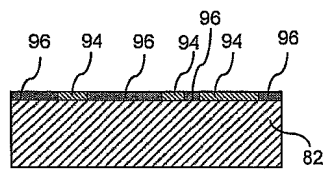
도면4E



도면4F



도면4G



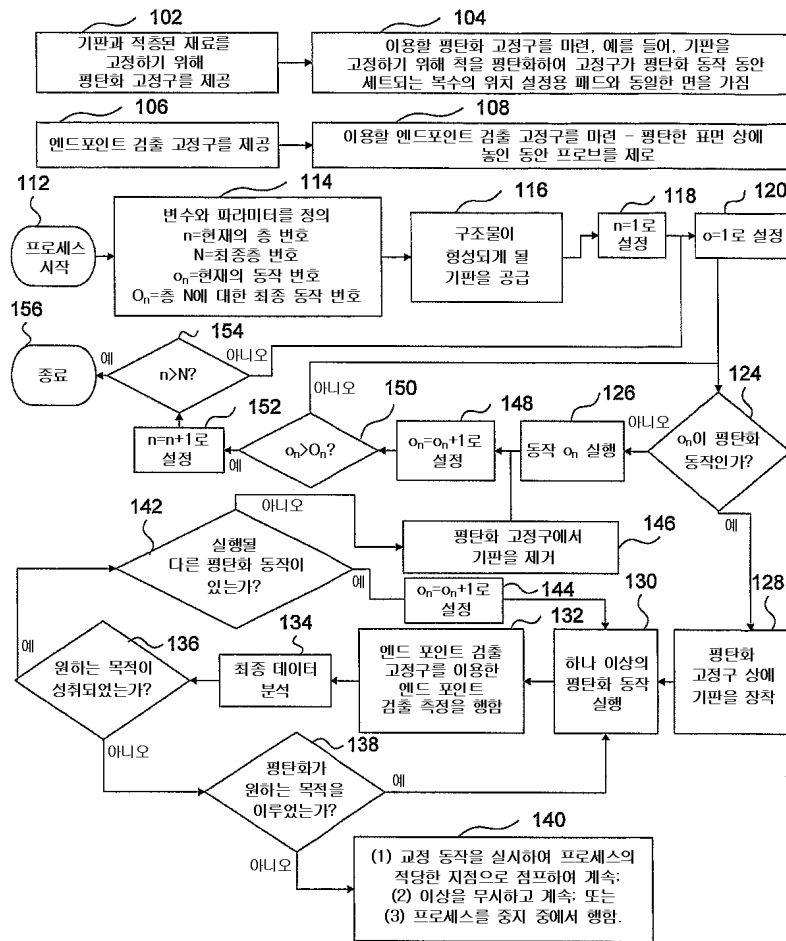
도면4H



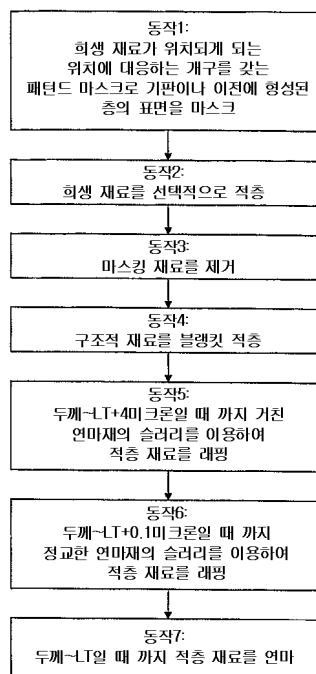
도면4I



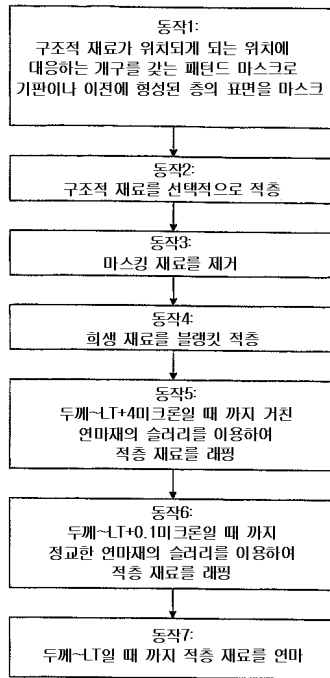
도면5A



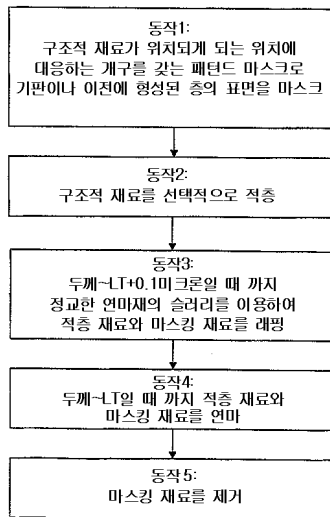
도면5B



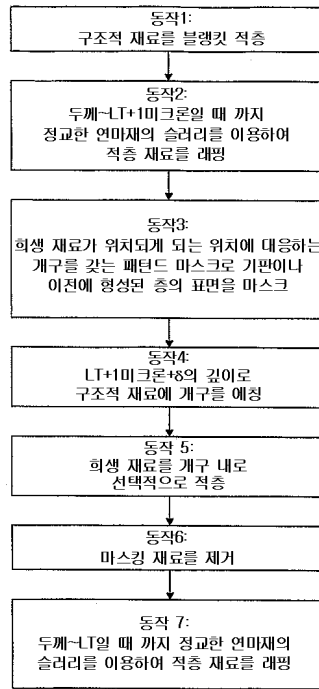
도면5C



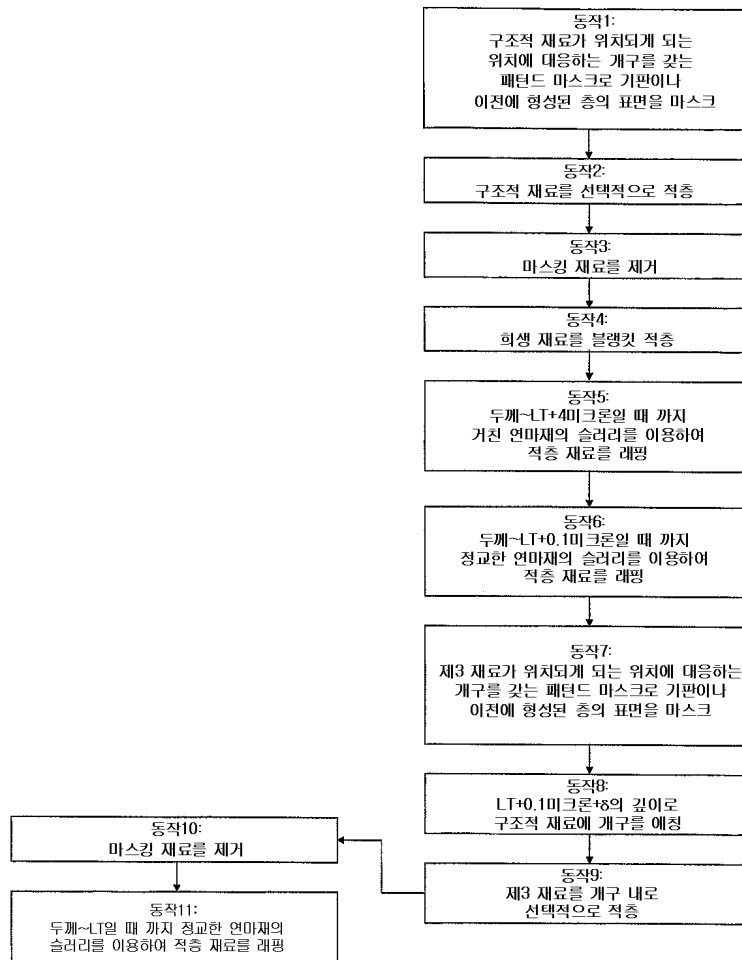
도면5D



도면5E

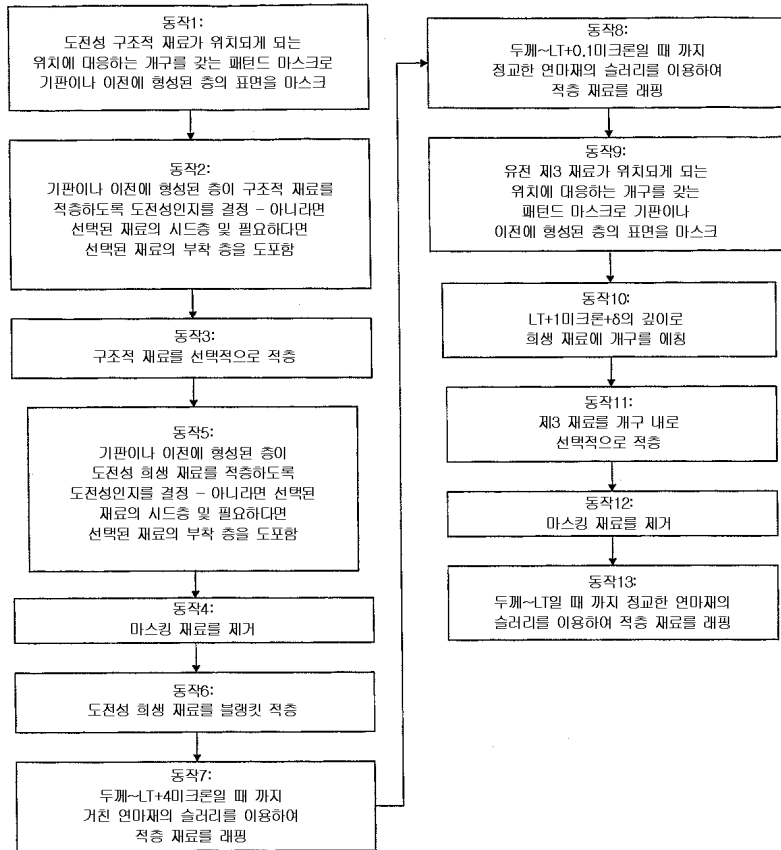


도면5F

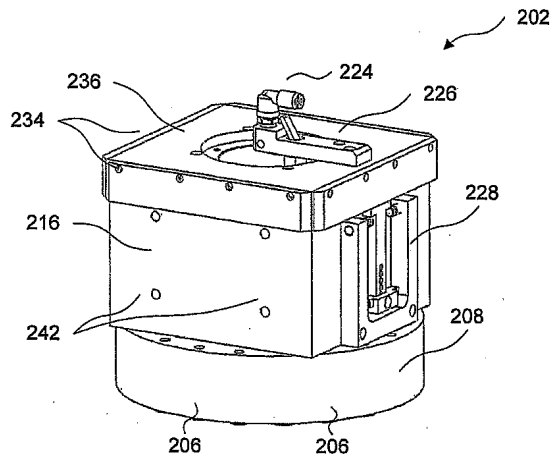




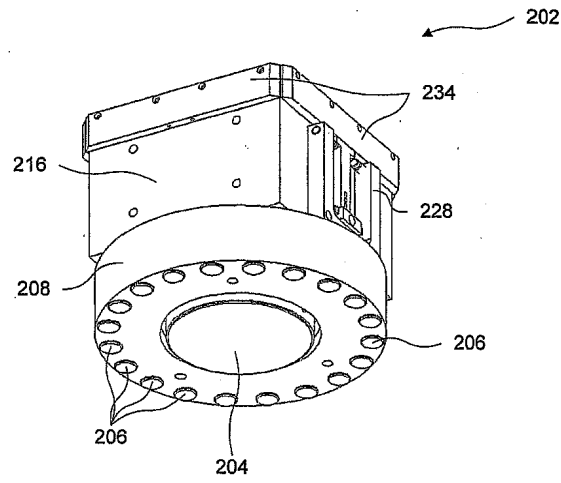
도면5G



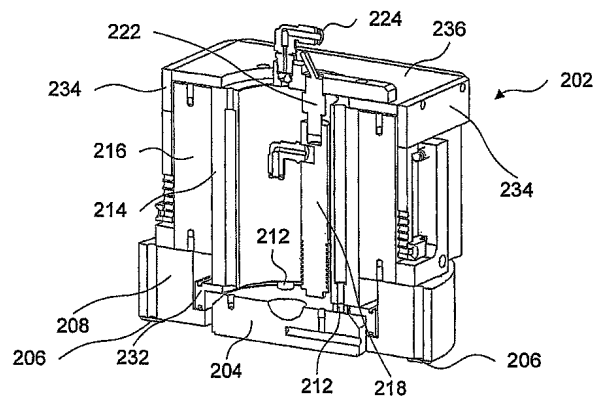
도면6



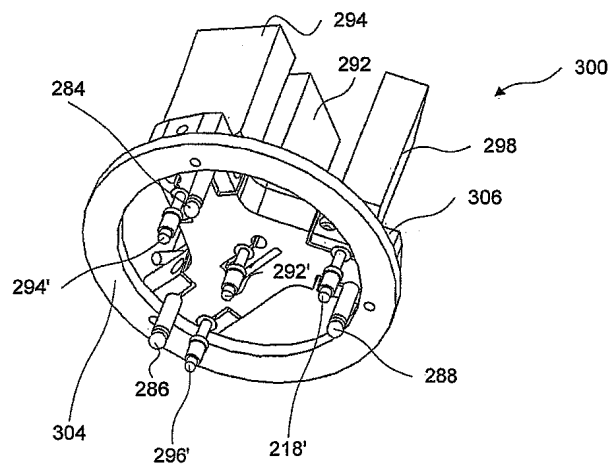
도면7



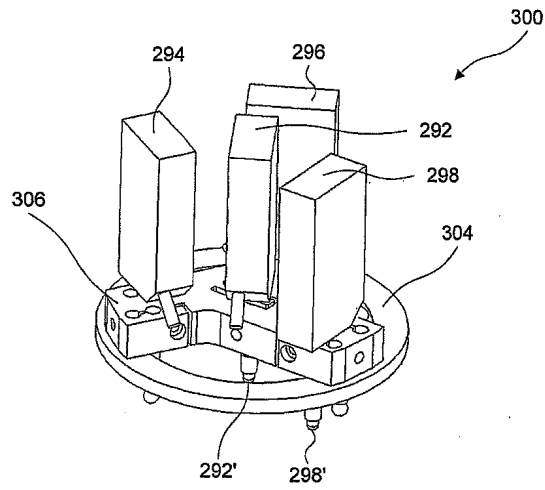
도면8



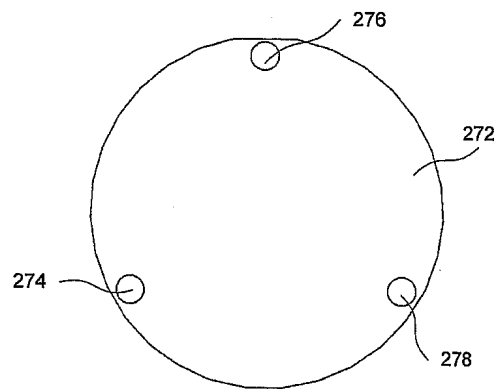
도면9



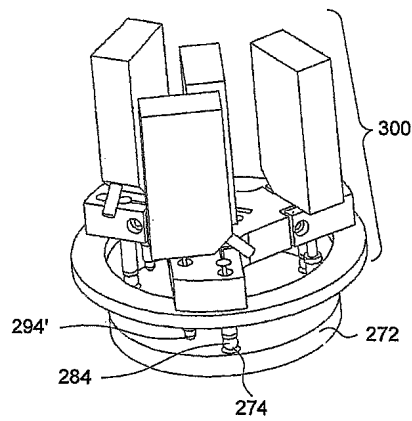
도면10



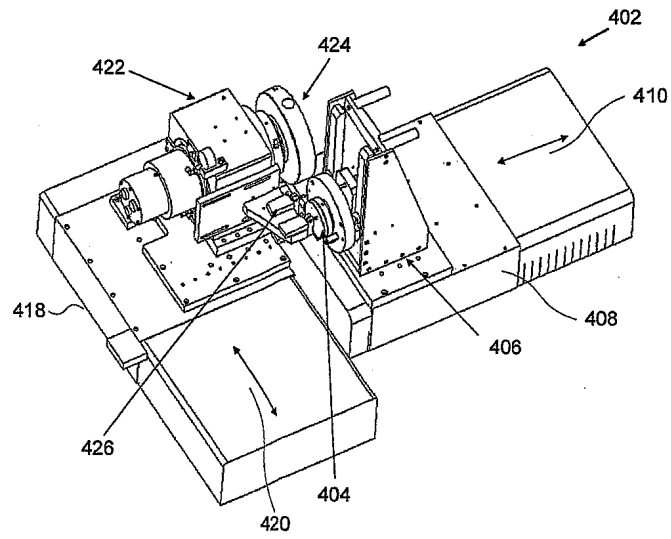
도면11



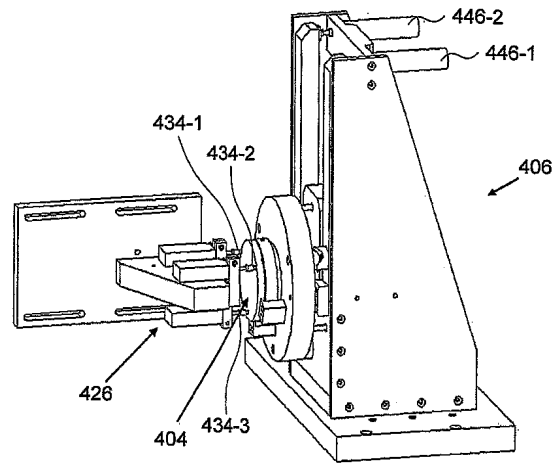
도면12



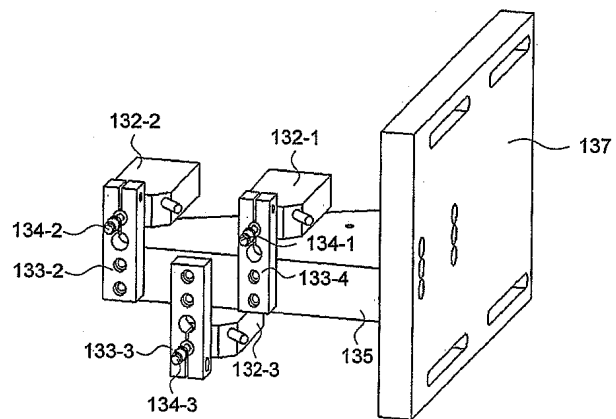
도면13



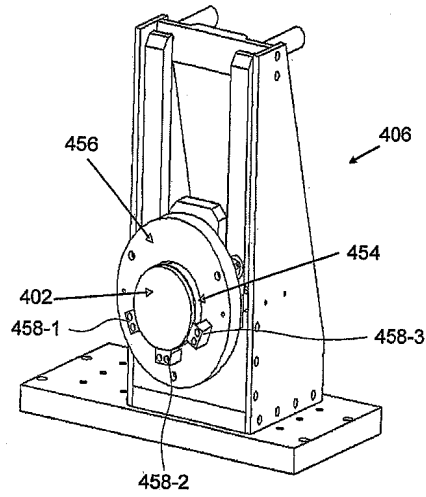
도면14



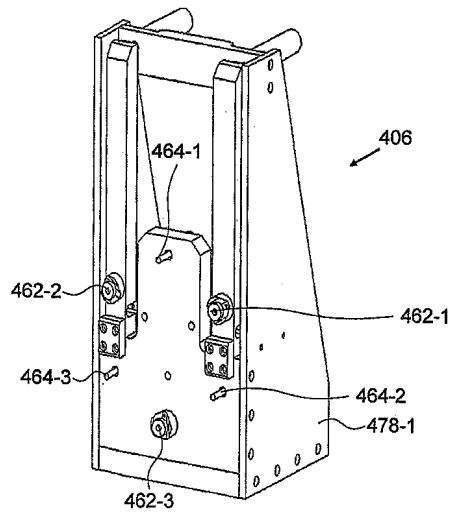
도면15



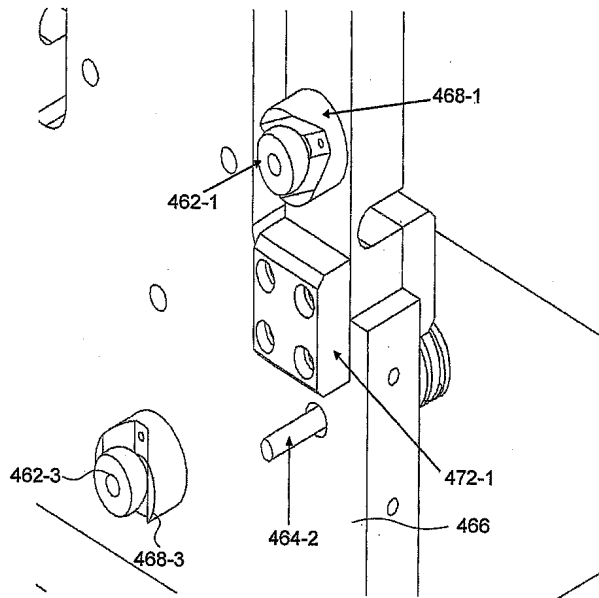
도면16



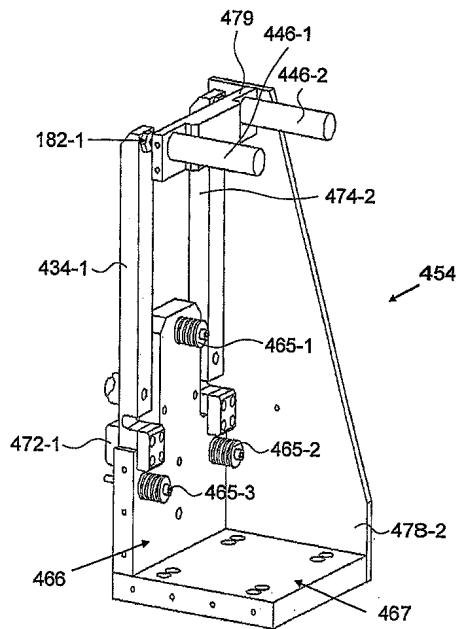
도면17



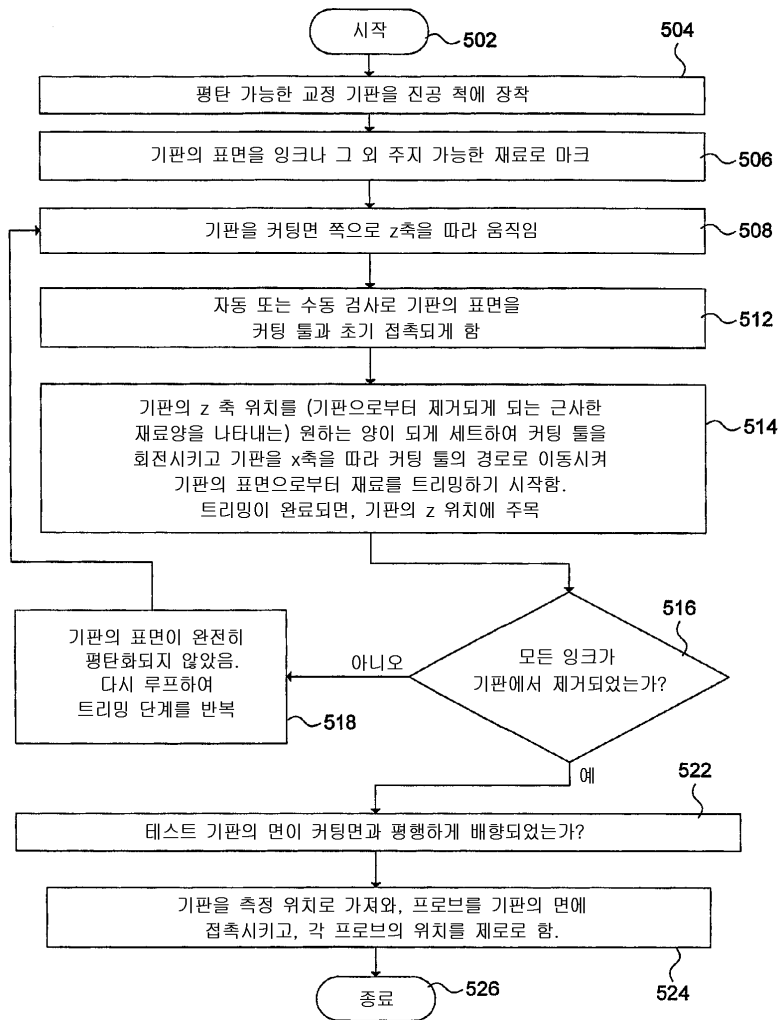
도면18



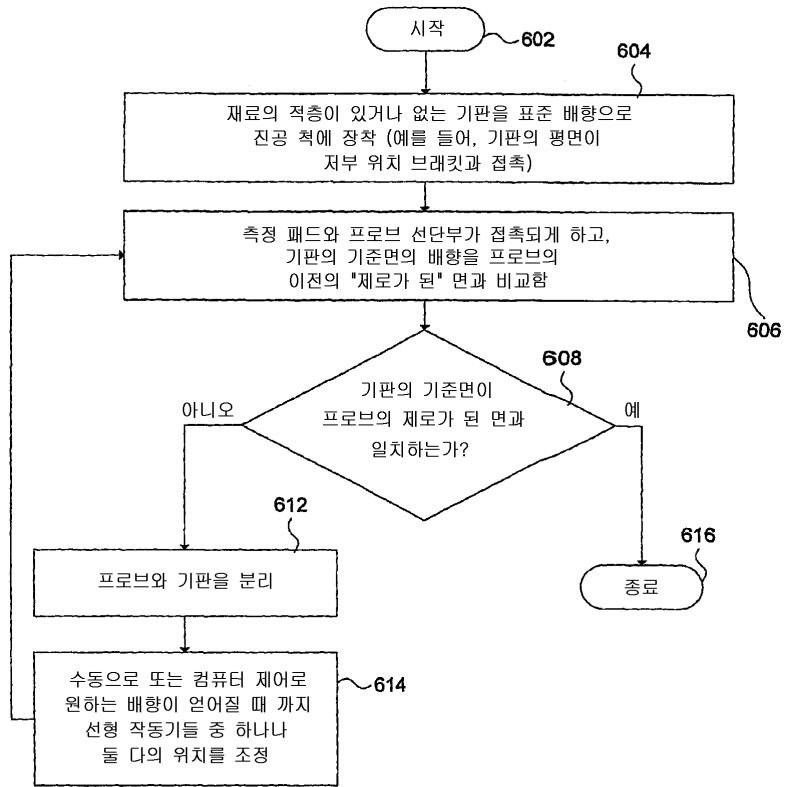
도면19



도면20

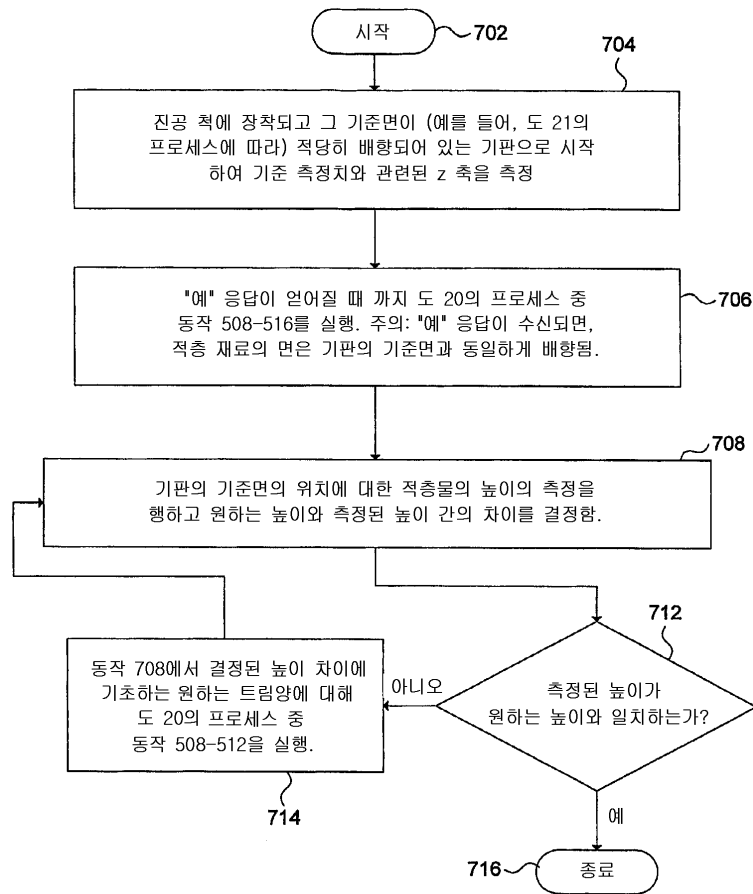


도면21





도면22



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제19항 10번째줄

【변경전】

상기 평탄화 공정

【변경후】

평탄화 공정