



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0084196  
(43) 공개일자 2017년07월19일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B22F 3/105 (2006.01) B33Y 10/00 (2015.01)  
B33Y 30/00 (2015.01) B33Y 50/00 (2015.01)
- (52) CPC특허분류  
B22F 3/1055 (2013.01)  
B33Y 10/00 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7015728
- (22) 출원일자(국제) 2014년11월14일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2017년06월08일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2014/080151
- (87) 국제공개번호 WO 2016/075802  
국제공개일자 2016년05월19일

- (71) 출원인  
가부시킴가이샤 니콘  
일본국 도쿄도 미나토쿠 고난 2초메 15반 3코
- (72) 발명자  
시바자키 유이치  
일본국 도쿄도 미나토쿠 고난 2초메 15반 3코 가부시킴가이샤 니콘 나이
- (74) 대리인  
특허법인코리아나

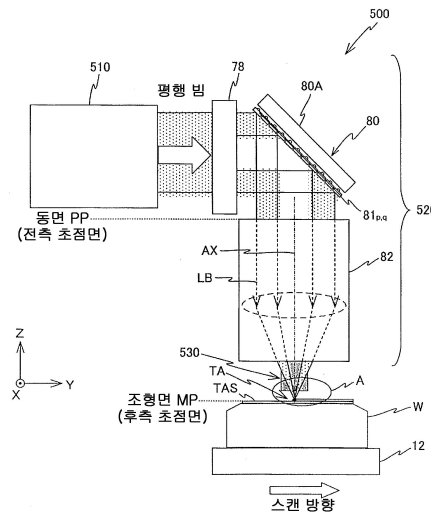
전체 청구항 수 : 총 65 항

(54) 발명의 명칭 **조형 장치 및 조형 방법**

(57) 요약

조형 장치는, 대상면 (TAS) 을 움직이는 이동 시스템과, 이동 시스템에 의해 이동 가능한 상태로 대상면 (TAS) 의 위치 정보를 취득하기 위한 계측 시스템과, 빔 조사부 (520) 와 빔 조사부 (520) 로부터의 빔 (LB) 으로 조사되는 조형 재료를 공급하는 재료 처리부 (530) 를 갖는 빔 조형 시스템 (500) 과, 제어 장치를 구비하고 있다. 제어 장치는, 대상면 (TAS) 과 빔 조사부 (520) 로부터의 빔 (LB) 을 상대적으로 이동시키면서 조형 재료를 공급함으로써 대상면 (TAS) 상의 목표 부위 (TA) 에 조형이 실시되도록, 대상면 상에 형성해야 할 삼차원 조형물의 3D 데이터와, 계측 시스템을 사용하여 취득된 대상면 (TAS) 의 위치 정보에 기초하여, 이동 시스템과 빔 조형 시스템 (500) 을 제어한다. 따라서, 가공 정밀도가 양호한 삼차원 조형물을 대상면 상에 형성하는 것이 가능해진다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

*B33Y 30/00* (2013.01)

*B33Y 50/00* (2013.01)

*B22F 2003/1056* (2013.01)

*B22F 2003/1057* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

대상면 상에 삼차원 조형물을 형성하는 조형 장치로서,

상기 대상면을 움직이는 이동 시스템과 ;

상기 이동 시스템에 의해 이동 가능한 상태로 상기 대상면의 위치 정보를 취득하기 위한 계측 시스템과 ;

빔을 사출하는 빔 조사부와, 상기 빔 조사부로부터의 빔으로 조사되는 조형 재료를 공급하는 재료 처리부를 갖는 빔 조형 시스템과 ;

상기 대상면과 상기 빔 조사부로부터의 빔을 상대적으로 이동시키면서 상기 조형 재료를 상기 재료 처리부로부터 공급함으로써 상기 대상면 상의 목표 부위에 조형이 실시되도록, 상기 대상면 상에 형성해야 할 삼차원 조형물의 3D 데이터와, 상기 계측 시스템을 사용하여 취득된 상기 대상면의 위치 정보에 기초하여, 상기 이동 시스템과 상기 빔 조형 시스템을 제어하는 제어 장치를 구비하는, 조형 장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 계측 시스템은, 삼차원 계측기를 포함하는, 조형 장치.

#### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 계측 시스템은, 상기 대상면의 적어도 3 점의 위치 정보를 계측 가능한, 조형 장치.

#### 청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 계측 시스템은, 상기 대상면의 삼차원 형상을 계측 가능한, 조형 장치.

#### 청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 조형 후, 상기 조형에 의해 상기 대상면 상에 부가된 부분의 표면의 적어도 일부의 위치 정보를, 상기 계측 시스템을 사용하여 취득하는, 조형 장치.

#### 청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 이동 시스템은, 워크를 유지 가능한 가동 부재를 갖고,

상기 대상면은, 상기 가동 부재에 유지된 상기 워크의 표면의 적어도 일부를 포함하는, 조형 장치.

#### 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 가동 부재 상에, 가공 전의 상기 워크를 로드함과 함께, 가공 종료 후의 상기 워크를 상기 가동 부재로부터 언로드하는 반송 시스템을 추가로 구비하고,

상기 제어 장치는, 상기 반송 시스템을 제어하는, 조형 장치.

**청구항 8**

제 6 항 또는 제 7 항에 있어서,  
 상기 가동 부재에 형성된 수광부에서 상기 빔을 수광하는 센서를 추가로 구비하는, 조형 장치.

**청구항 9**

제 6 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 제어 장치는, 기준 좌표계하에서 상기 가동 부재의 위치 및 자세를 제어하고,  
 상기 위치 정보를 취득함으로써, 상기 대상면을 상기 기준 좌표계에 대해 관련짓는, 조형 장치.

**청구항 10**

제 6 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 제어 장치는, 상기 조형이 실시된 상기 워크를 상기 가동 부재로 유지한 채로, 상기 조형에 의해 상기 워크의 상기 대상면 상에 부가된 부분의 표면의 적어도 일부의 위치 정보를, 상기 계측 시스템을 사용하여 취득하는, 조형 장치.

**청구항 11**

제 5 항 또는 제 10 항에 있어서,  
 상기 제어 장치는, 상기 계측 시스템을 사용하여 취득된 위치 정보에 기초하여, 상기 부가된 부분의 치수 오차를 구하는, 조형 장치.

**청구항 12**

제 11 항에 있어서,  
 상기 제어 장치는, 상기 치수 오차를 사용하여 부가 가공의 합격 여부 판정을 실시하는, 조형 장치.

**청구항 13**

제 12 항에 있어서,  
 상기 제어 장치는, 상기 합격 여부 판정의 결과, 불합격으로 판정된 워크에 대해서는, 상기 치수 오차에 기초하여, 상기 가동 부재로 유지한 채로, 상기 빔 조형 시스템을 사용하여 수정 가공을 실시하는, 조형 장치.

**청구항 14**

제 13 항에 있어서,  
 상기 제어 장치는, 상기 빔 조사부로부터의 빔을 사용하여 상기 수정 가공을 실시하는, 조형 장치.

**청구항 15**

제 5 항, 및 제 10 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 제어 장치는, 상기 부가 부분의 표면의 적어도 일부의 위치 정보에 기초하여, 상기 빔 조형 시스템과 상기 이동 시스템을 제어하고, 상기 부가 부분의 표면의 적어도 일부를 포함하는 대상면 상의 목표 부위에 조형을 실시하는, 조형 장치.

**청구항 16**

제 5 항, 및 제 10 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 제어 장치는, 상기 부가 부분의 표면의 적어도 일부의 위치 정보에 기초하여, 상기 계측 시스템, 상기 빔 조형 시스템 및 상기 이동 시스템 중 적어도 1 개를 조정하는, 조형 장치.

**청구항 17**

제 16 항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 위치 정보에 기초하여, 상기 조형에 있어서의 장치의 드리프트의 경향을 구하고, 그 구한 결과에 따라 상기 계측 시스템, 상기 빔 조형 시스템 및 상기 이동 시스템 중 적어도 1 개를 조정하는, 조형 장치.

**청구항 18**

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 빔을 수광부에서 수광하는 센서를 추가로 구비하는, 조형 장치.

**청구항 19**

제 8 항 또는 제 18 항에 있어서,

상기 센서는, 상기 빔의 강도 분포를 계측 가능한, 조형 장치.

**청구항 20**

제 8 항, 제 18 항 또는 제 19 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 센서의 수광부를 이동하면서, 상기 빔을 상기 수광부에서 수광하는, 조형 장치.

**청구항 21**

제 8 항, 및 제 18 항 내지 제 20 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 빔 조사부는, 상기 빔을 사출하는 집광 광학계를 갖고,

상기 센서의 수광부는, 상기 집광 광학계로부터 사출되는 빔을 수광 가능한, 조형 장치.

**청구항 22**

제 21 항에 있어서,

상기 수광부는, 상기 집광 광학계의 후측 초점면, 또는 그 근방에서 상기 빔을 수광하도록 배치되는, 조형 장치.

**청구항 23**

제 21 항 또는 제 22 항에 있어서,

상기 수광부는, 상기 집광 광학계의 사출면측의 광축에 평행한 방향과 상기 광축에 수직인 방향의 적어도 일방으로 이동하면서, 상기 집광 광학계로부터의 빔을 수광 가능한, 조형 장치.

**청구항 24**

제 21 항 내지 제 23 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 센서는, 상기 집광 광학계의 사출면측의 광축에 수직인 제 1 면 내에 있어서의 상기 빔의 강도 분포를 계측 가능한, 조형 장치.

**청구항 25**

제 24 항에 있어서,

상기 제 1 면은, 상기 집광 광학계의 후측 초점면, 또는 그 근방의 면인, 조형 장치.

**청구항 26**

제 24 항 또는 제 25 항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 센서를 사용한 계측의 결과에 기초하여, 상기 제 1 면에 있어서의 상기 빔의 강도 분포를 조정하는, 조형 장치.

**청구항 27**

제 21 항 내지 제 26 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 센서를 사용한 계측의 결과에 기초하여, 상기 집광 광학계의 입사면측의 광축에 수직인 제 2 면 내에 입사하는 적어도 하나의 입사 빔의 각도를 조정하는, 조형 장치.

**청구항 28**

제 27 항에 있어서,

상기 제 2 면은, 상기 집광 광학계의 전측 초점면, 또는 그 근방의 면을 포함하는, 조형 장치.

**청구항 29**

제 27 항 또는 제 28 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 입사 빔은, 상기 제 2 면에 대한 입사 각도가 상이한 복수의 빔을 포함하는, 조형 장치.

**청구항 30**

제 8 항, 및 제 18 항 내지 제 29 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 센서를 사용하여 실시된 계측 결과에 기초하여, 상기 빔 조형 시스템과 상기 이동 시스템 중 적어도 일방의 조정을 실시하는, 조형 장치.

**청구항 31**

제 30 항에 있어서,

상기 센서를 사용하여 실시된 계측 결과에 기초하는 상기 빔 조형 시스템의 조정은, 상기 재료 처리부의 조정을 포함하는, 조형 장치.

**청구항 32**

제 31 항에 있어서,

상기 재료 처리부의 조정은, 상기 재료 처리부에 의한 상기 조형 재료의 공급 동작을 조정하는 것을 포함하는, 조형 장치.

**청구항 33**

제 31 항 또는 제 32 항에 있어서,

상기 재료 처리부는, 상기 조형 재료를 공급하는 적어도 하나의 공급구를 갖고,

상기 센서를 사용하여 실시된 계측 결과에 기초하여, 상기 적어도 하나의 공급구로부터의 상기 조형 재료의 공급 상태가 조정되는, 조형 장치.

**청구항 34**

제 33 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 공급구는 가동이고,

상기 센서를 사용하여 실시된 계측 결과에 기초하여, 상기 적어도 하나의 공급구가 이동되는, 조형 장치.

**청구항 35**

제 31 항 내지 제 34 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 재료 처리부는, 상기 조형 재료를 공급하는 복수의 공급구를 갖고,

상기 센서를 사용하여 실시된 계측 결과에 기초하여 상기 복수의 공급구로부터 적어도 하나의 공급구가 선택되고,

상기 선택된 적어도 하나의 공급구로부터 상기 조형 재료가 공급되는, 조형 장치.

**청구항 36**

제 33 항 내지 제 35 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 공급구로부터의 상기 조형 재료의 단위 시간당 공급량은 조정 가능한, 조형 장치.

**청구항 37**

제 36 항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 센서를 사용하여 실시된 계측 결과에 기초하여, 상기 적어도 하나의 공급구로부터의 상기 공급량을 결정하는, 조형 장치.

**청구항 38**

제 1 항 내지 제 37 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 빔 조사부는, 상기 빔을 사출하는 집광 광학계를 갖고,

상기 제어 장치는, 상기 계측 시스템의 계측 결과에 기초하여, 상기 집광 광학계의 사출면측의 광축에 수직인 제 1 면 내에 있어서의 상기 빔의 강도 분포를 조정하는, 조형 장치.

**청구항 39**

제 38 항에 있어서,

상기 제 1 면은, 상기 집광 광학계의 후측 초점면, 또는 그 근방의 면인, 조형 장치.

**청구항 40**

제 38 항 또는 제 39 항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 집광 광학계의 입사면측의 광축에 수직인 제 2 면 내에 입사하는 적어도 하나의 입사 빔의 각도를 조정함으로써, 상기 제 1 면 내에 있어서의 상기 빔의 강도 분포를 조정하는, 조형 장치.

**청구항 41**

제 40 항에 있어서,

상기 제 2 면은, 상기 집광 광학계의 전측 초점면, 또는 그 근방의 면을 포함하는, 조형 장치.

**청구항 42**

제 40 항 또는 제 41 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 입사 빔은, 상기 제 2 면에 대한 입사 각도가 상이한 복수의 빔을 포함하는, 조형 장치.

**청구항 43**

제 1 항 내지 제 42 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 계측 시스템의 계측 결과에 기초하는 상기 빔 조형 시스템의 조정은, 상기 빔 조사부의 조정을 포함하는, 조형 장치.

**청구항 44**

제 1 항 내지 제 43 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 계측 시스템의 계측 결과에 기초하는 상기 빔 조형 시스템의 조정은, 상기 재료 처리부의 조정을 포함하는, 조형 장치.

**청구항 45**

제 44 항에 있어서,

상기 재료 처리부의 조정은, 상기 재료 처리부에 의한 상기 조형 재료의 공급 동작을 조정하는 것을 포함하는, 조형 장치.

**청구항 46**

제 44 항 또는 제 45 항에 있어서,

상기 재료 처리부는, 상기 조형 재료를 공급하는 적어도 하나의 공급구를 갖고,

상기 계측 시스템의 계측 결과에 기초하여, 상기 적어도 하나의 공급구로부터의 상기 조형 재료의 공급 상태가 조정되는, 조형 장치.

**청구항 47**

제 46 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 공급구는 가동이고,

상기 센서를 사용하여 실시된 계측 결과에 기초하여, 상기 적어도 하나의 공급구의 위치가 조정되는, 조형 장치.

**청구항 48**

제 46 항 또는 제 47 항에 있어서,

상기 재료 처리부는, 상기 조형 재료를 공급하는 복수의 공급구를 갖고,

상기 계측 시스템의 계측 결과에 기초하여 상기 복수의 공급구로부터 적어도 하나의 공급구가 선택되고, 상기 선택된 적어도 하나의 공급구로부터 상기 조형 재료가 공급되는, 조형 장치.

**청구항 49**

제 46 항 내지 제 48 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 공급구로부터의 상기 조형 재료의 단위 시간당 공급량은 조정 가능한, 조형 장치.

**청구항 50**

제 49 항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 계측 시스템의 계측 결과에 기초하여, 상기 적어도 하나의 공급구로부터의 상기 공급량을 결정하는, 조형 장치.

**청구항 51**

제 1 항 내지 제 50 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 빔 조사부로부터 사출되는 빔으로 조사되도록 상기 조형 재료를 공급함으로써, 상기 조형 재료의 용융지를 형성하는, 조형 장치.

**청구항 52**

제 51 항에 있어서,

상기 목표 부위 상에 상기 용융지를 형성하면서, 상기 대상면과 상기 빔 조사부로부터의 빔을 상대적으로 이동함으로써, 상기 목표 부위에 조형이 실시되는, 조형 장치.

**청구항 53**

제 1 항 내지 제 52 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 삼차원 조형물은, 복수의 층이 적층되어 이루어지고,

상기 제어 장치는, 상기 삼차원 조형물의 3D 데이터로부터 얻어지는 다층의 적층 단면의 데이터에 기초하여, 상기 이동 시스템과 상기 빔 조형 시스템을 제어하는, 조형 장치.

**청구항 54**

대상면 상에 삼차원 조형물을 형성하는 조형 방법으로서,

상기 대상면의 위치 정보를 계측하는 것과 ;

상기 대상면 상에 형성해야 할 삼차원 조형물의 3D 데이터와, 상기 계측된 상기 대상면의 위치 정보에 기초하여, 상기 대상면과 빔을 상대적으로 이동시키면서 상기 빔으로 조사되는 조형 재료를 공급하여 상기 대상면 상의 목표 부위에 조형을 실시하는 것을 포함하는, 조형 방법.

**청구항 55**

제 54 항에 있어서,

상기 계측하는 것에서는, 상기 대상면의 적어도 일부의 삼차원적 위치 정보가 계측되는, 조형 방법.

**청구항 56**

제 55 항에 있어서,

상기 삼차원적 위치 정보로서, 상기 대상면의 삼차원 형상이 계측되는, 조형 방법.

**청구항 57**

제 54 항 내지 제 56 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 대상면은, 위치 및 자세가 기준 좌표계하에서 제어되는 가동 부재에 유지된 위크의 표면의 적어도 일부를 포함하고,

상기 계측된 위치 정보에 기초하여, 상기 대상면의 위치 및 자세를 상기 기준 좌표계에 대해 관련짓는 것을 추가로 포함하는, 조형 방법.

**청구항 58**

제 57 항에 있어서,

상기 조형에 의해 상기 대상면 상에 부가된 부분의 표면의 적어도 일부의 위치 정보를, 상기 조형이 실시된 위크를 상기 가동 부재 상에 탑재한 채로 계측하는 것을 추가로 포함하는, 조형 방법.

**청구항 59**

제 58 항에 있어서,

상기 조형에 의해 상기 대상면 상에 부가된 부분의 표면의 적어도 일부의 위치 정보로서, 삼차원 형상이 계측되는, 조형 방법.

**청구항 60**

제 58 항 또는 제 59 항에 있어서,

계측된 상기 위치 정보에 기초하여, 상기 부가된 부분의 치수 오차를 구하는 것을 추가로 포함하는, 조형 방법.

**청구항 61**

제 60 항에 있어서,

상기 치수 오차를 사용하여 부가 가공의 합격 여부 판정을 실시하는 것을 추가로 포함하는, 조형 방법.

**청구항 62**

제 61 항에 있어서,

상기 합격 여부 판정의 결과, 불합격으로 판정된 워크에 대해서는, 상기 치수 오차에 기초하여, 상기 가동 부재로 유지한 채로, 상기 빔을 사용하여 수정 가공을 실시하는 것을 추가로 포함하는, 조형 방법.

**청구항 63**

제 58 항 내지 제 62 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 부가 부분의 표면의 적어도 일부의 위치 정보에 기초하여, 상기 부가 부분의 표면의 적어도 일부를 포함하는 대상면 상의 목표 부위에 조형이 실시되는, 조형 방법.

**청구항 64**

제 54 항 내지 제 56 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 대상면은, 위치 및 자세가 기준 좌표계하에서 제어되는 가동 부재의 표면의 적어도 일부를 포함하고,

상기 측정된 위치 정보에 기초하여, 상기 대상면의 위치 및 자세를 상기 기준 좌표계에 대해 관련짓는 것을 추가로 포함하는, 조형 방법.

**청구항 65**

제 54 항 내지 제 64 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 삼차원 조형물은, 복수의 층이 적층되어 이루어지고,

상기 대상면 상의 목표 부위에 조형을 실시하는 것은, 상기 삼차원 조형물의 3D 데이터로부터 얻어지는 다층의 적층 단면의 데이터에 기초하여, 각 층에 대해 반복하여 실시되는, 조형 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 조형 (造形) 장치 및 조형 방법에 관련되고, 더욱 상세하게는, 대상면 상에 삼차원 조형물을 형성하는 조형 장치 및 조형 방법에 관한 것이다. 본 발명에 관련된 조형 장치 및 조형 방법은, 래피드 프로토타이핑 (3D 프린팅, 혹은 부가 제조, 혹은 다이렉트 디지털 제조라고 불리는 경우도 있다) 에 의한 삼차원 조형물의 형성에 바람직하게 사용할 수 있다.

**배경 기술**

[0002] CAD 데이터로부터 직접 3D (삼차원) 형상을 생성하는 기술은, 래피드 프로토타이핑 (3D 프린팅, 혹은 부가 제조, 혹은 다이렉트 디지털 제조라고 불리는 경우도 있지만, 이하, 래피드 프로토타이핑을 총칭으로서 사용한다) 이라고 불리고, 주로 형상의 확인을 목적으로 한 시작품 (試作品) 을 매우 짧은 리드 타임으로 제작하는 것에 기여해 왔다. 3D 프린터 등의 래피드 프로토타이핑에 의해 삼차원 조형물을 형성하는 조형 장치를, 취급하는 재료로 분류하면, 수지를 취급하는 것과 금속을 취급하는 것으로 크게 나눌 수 있다. 래피드 프로토타이핑으로 제조되는 금속제의 삼차원 조형물은, 수지제의 경우와 달리 오로지 실제의 부품으로서 사용된다. 즉, 형상 확인용의 시작 부품이 아니라, 실제의 기계 구조물의 일부 (그것이 양산품이든 시작품이든) 로서 기능시키게 된다. 기존의 금속용 3D 프린터 (이하, M3DP (Metal 3D Printer) 라고 약기한다) 로서, PBF (Powder Bed Fusion) 와 DED (Directed Energy Deposition) 의 2 종류가 잘 알려져 있다.

[0003] PBF 는, 피가공물을 탑재하는 베드 상에 소결 금속의 분말을 얇게 적층시키고, 거기에 고에너지의 레이저 빔을 갈바노 미러 등으로 주사하여, 빔이 닿는 부분을 용융시켜 응고시킨다. 1 층분의 묘화가 완료하면, 베드가 1 층분의 두께만큼 하강하고, 거기에 다시 소결 금속의 분말을 퍼바르고, 동일한 일을 반복한다. 이와 같이 하여 1 층씩 조형을 반복하여, 원하는 3 차원 형상을 얻는 것이다.

[0004] PBF 는, 그 조형 원리에 의해, 본질적으로, (1) 부품의 제작 정밀도가 불충분한, (2) 마무리의 표면 조도가 나쁜, (3) 처리 속도가 느린, 및 (4) 소결 금속 분말의 취급이 번거러워 손이 많이 가는 등, 몇 가지 문제점이 존재한다.

[0005] DED 에서는, 용해시킨 금속 재료를 가공 대상에 부착시키는 방법을 취하고 있다. 예를 들어, 집광 렌즈로 조인 레이저 빔의 초점 부근에 분말 금속을 분사한다. 그렇게 하면 그 분말 금속이 레이저의 조사에 의해

용해되어 액체상이 된다. 그 초점 부근에 가공 대상이 있었다면, 그 액체화된 금속은 가공 대상에 부착되고, 냉각되어 다시 응고된다. 이 초점 부분이 말하자면 펜 끝이 되어, 가공 대상의 표면에 차례로 「 두께를 갖는 선」 을 그려 갈 수 있다. 가공 대상 및 가공 헤드 (레이저 및 분말 분사 노즐 외) 의 일방이 타방에 대해 CAD 데이터에 기초하여 적절히 상대 운동함으로써, 원하는 형상이 만들어진다 (예를 들어, 특허문헌 1 참조).

- [0006] 이것으로부터 알 수 있는 바와 같이, DED 에서는, 분말 재료는 가공 헤드로부터 필요에 따라 필요한 양만큼 분사되기 때문에, 낭비가 없고, 대량의 잉여 분말 중에서 가공을 실시할 필요도 없다.
- [0007] 상기 서술한 바와 같이, DED 는, PBF 에 비해, 원재료가 되는 분말 금속의 취급 등에 있어서 개선이 도모되어 있지만, 개선해야 할 점은 많다.
- [0008] 이와 같은 배경에 의해, 삼차원 조형물을 형성하는 조형 장치의 동작 기계로서의 편리성의 향상, 요컨대 제조의 경제 합리성의 향상이 강하게 요망되고 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0009] (특허문헌 0001) 미국 특허출원공개 제2003/0206820호

**발명의 내용**

**과제의 해결 수단**

- [0010] 본 발명의 제 1 양태에 의하면, 대상면 상에 삼차원 조형물을 형성하는 조형 장치로서, 상기 대상면을 움직이는 이동 시스템과 ; 상기 이동 시스템에 의해 이동 가능한 상태로 상기 대상면의 위치 정보를 취득하기 위한 계측 시스템과 ; 빔을 사출하는 빔 조사부와, 상기 빔 조사부로부터의 빔으로 조사되는 조형 재료를 공급하는 재료 처리부를 갖는 빔 조형 시스템과 ; 상기 대상면과 상기 빔 조사부로부터의 빔을 상대적으로 이동시키면서 상기 조형 재료를 상기 재료 처리부로부터 공급함으로써 상기 대상면 상의 목표 부위에 조형이 실시되도록, 상기 대상면 상에 형성해야 할 삼차원 조형물의 3D 데이터와, 상기 계측 시스템을 사용하여 취득된 상기 대상면의 위치 정보에 기초하여, 상기 이동 시스템과 상기 빔 조형 시스템을 제어하는 제어 장치를 구비하는 조형 장치가 제공된다.
- [0011] 여기서, 대상면은 조형의 목표 부위가 설정되는 면이다.
- [0012] 이에 의하면, 가공 정밀도가 양호한 삼차원 조형물을 대상면 상에 형성하는 것이 가능해진다.
- [0013] 본 발명의 제 2 양태에 의하면, 대상면 상에 삼차원 조형물을 형성하는 조형 방법으로서, 상기 대상면의 위치 정보를 계측하는 것과 ; 상기 대상면 상에 형성해야 할 삼차원 조형물의 3D 데이터와, 상기 계측된 상기 대상면의 위치 정보에 기초하여, 상기 대상면과 빔을 상대적으로 이동시키면서 상기 빔으로 조사되는 조형 재료를 공급하여 상기 대상면 상의 목표 부위에 조형을 실시하는 것을 포함하는 조형 방법이 제공된다.
- [0014] 이에 의하면, 가공 정밀도가 양호한 삼차원 조형물을 대상면 상에 형성하는 것이 가능해진다.

**도면의 간단한 설명**

- [0015] 도 1 은, 일 실시형태에 관련된 조형 장치의 전체 구성을 나타내는 블록도이다.
- 도 2 는, 이동 시스템의 구성을 계측 시스템과 함께 개략적으로 나타내는 도면이다.
- 도 3 은, 워크가 탑재된 이동 시스템을 나타내는 사시도이다.
- 도 4 는, 빔 조형 시스템을 워크가 탑재된 테이블과 함께 나타내는 도면이다.
- 도 5 는, 빔 조형 시스템이 구비하는 빔 조사부의 일부를 구성하는 광원계의 구성의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 6 은, 광원계로부터의 평행 빔이 미러 어레이에 조사되고, 복수의 미러 소자 각각으로부터의 반사 빔의 집광 광학계에 대한 입사 각도가 개별적으로 제어되는 상태를 나타내는 도면이다.

- 도 7 은, 빔 조형 시스템이 구비하는 재료 처리부를 집광 광학계와 함께 나타내는 도면이다.
- 도 8 은, 재료 처리부의 노즐에 형성된 복수의 공급구와 그 복수의 공급구의 각각을 개폐하는 개폐 부재를 나타내는 도면이다.
- 도 9(A) 는, 도 4 의 원 A 내를 확대하여 나타내는 도면, 도 9(B) 는, 도 9(A) 에 나타내는 1 문자 영역과 스캔 방향의 관계를 나타내는 도면이다.
- 도 10 은, 조형면 상에 형성되는 빔의 조사 영역의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 11 은, 조형 장치의 제어계를 중심으로 구성하는 제어 장치의 입출력 관계를 나타내는 블록도이다.
- 도 12 는, 테이블 상의 계측 장치의 배치를 나타내는 도면이다.
- 도 13 은, 계측 장치를 구성하는 테이블 내부에 배치된 구성 부분을 계측 부재와 함께 나타내는 도면이다.
- 도 14(A) 는, 집광 광학계의 후측 초점면에 있어서의 빔의 강도 분포를 계측할 때의 광학 배치를 나타내는 도면, 도 14(B) 는, 동면(瞳面)에 있어서의 빔의 강도 분포를 계측할 때의 광학 배치를 나타내는 도면이다.
- 도 15 는, 제어 장치의 일련의 처리 알고리즘에 대응하는 플로우 차트이다.
- 도 16(A) 및 도 16(B) 는, 일 실시형태에 관련된 조형 장치의 하나의 효과를 종래 기술과 비교하여 설명하기 위한 도면이다.
- 도 17 은, 조형면에 있어서의 빔의 강도 분포를 계측하기 위한 계측 장치의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 18(A) 및 도 18(B) 는, 1 문자 영역의 폭을 약간 굵게 함으로써 도포층의 두께를 두껍게 하는 예를 설명하기 위한 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0016] 이하, 일 실시형태에 대해, 도 1 ~ 도 18(B) 에 기초하여 설명한다. 도 1 에는, 일 실시형태에 관련된 조형 장치 (100) 의 전체 구성이 블록도로 나타나 있다.
- [0017] 조형 장치 (100) 는 DED 방식의 M3DP 이다. 조형 장치 (100) 는, 래피드 프로토타이핑에 의해, 후술하는 테이블 (12) 상에서 삼차원 조형물을 형성하는 데에도 사용할 수 있지만, 워크 (예를 들어, 기존의 부품) 에 대해 삼차원 조형에 의한 부가 가공을 실시하는 데에도 사용할 수도 있다. 본 실시형태에서는, 후자의 워크에 대한 부가 가공을 실시하는 경우를 중심으로 하여 설명을 실시한다. 실제의 제조 현장에서는, 다른 제법, 다른 재료 혹은 다른 공작 기계로 생성된 부품에 대해, 추가로 가공을 반복하여 원하는 부품으로 만들어 가는 것이 보통이며, 삼차원 조형에 의한 부가 가공에 대해서도 그 요구는 잠재적으로는 동일하다.
- [0018] 조형 장치 (100) 는, 이동 시스템 (200), 반송 시스템 (300), 계측 시스템 (400) 및 빔 조형 시스템 (500) 의 4 개의 시스템과, 이들 시스템을 포함하고, 조형 장치 (100) 의 전체를 제어하는 제어 장치 (600) 를 구비하고 있다. 이 중, 반송 시스템 (300) 과, 계측 시스템 (400) 과, 빔 조형 시스템 (500) 은, 소정 방향에 관해서 서로 떨어져서 배치되어 있다. 이하의 설명에서는, 편의상, 반송 시스템 (300) 과, 계측 시스템 (400) 과, 빔 조형 시스템 (500) 은, 후술하는 X 축 방향 (도 2 참조) 에 관해 서로 떨어져서 배치되어 있는 것으로 한다.
- [0019] 도 2 에는, 이동 시스템 (200) 의 구성이 계측 시스템 (400) 과 함께 개략적으로 나타나 있다. 또, 도 3 에는, 워크 (W) 가 탑재된 이동 시스템 (200) 이 사시도로 나타나 있다. 이하에서는, 도 2 에 있어서의 지면 내의 좌우 방향을 Y 축 방향, 지면에 직교하는 방향을 X 축 방향, X 축 및 Y 축에 직교하는 방향을 Z 축 방향으로 하고, X 축, Y 축 및 Z 축 둘레의 회전 (경사) 방향을 각각  $\theta_x$ ,  $\theta_y$  및  $\theta_z$  방향으로 하여 설명을 실시한다.
- [0020] 이동 시스템 (200) 은, 조형의 대상면 (여기서는 워크 (W) 상의 목표 부위 (TA) 가 설정되는 면) (TAS) (예를 들어 도 4 및 도 9(A) 참조) 의 위치 및 자세를 변경한다. 구체적으로는, 대상면을 갖는 워크 및 그 워크가 탑재되는 후술하는 테이블을 6 자유도 방향 (X 축, Y 축, Z 축,  $\theta_x$ ,  $\theta_y$  및  $\theta_z$  의 각 방향) 으로 구동시킴으로써, 대상면의 6 자유도 방향의 위치의 변경을 실시한다. 본 명세서에 있어서는, 테이블, 워크 또는 대상면 등에 대해,  $\theta_x$ ,  $\theta_y$  및  $\theta_z$  방향의 3 자유도 방향의 위치를 적절히 「자세」 라고 총칭하고, 이에 대응하여 나머지 3 자유도 방향 (X 축, Y 축 및 Z 축 방향) 의 위치를 적절히 「위치」 라고 총칭한다.
- [0021] 이동 시스템 (200) 은, 테이블의 위치 및 자세를 변경하는 구동 기구의 일례로서 스튜어트 플랫폼형의 6 자유도

패러렐 링크 기구를 구비하고 있다. 또한, 이동 시스템 (200) 은, 테이블을 6 자유도 방향으로 구동시킬 수 있는 것에 한정되지 않는다.

[0022] 이동 시스템 (200) (단, 후술하는 평면 모터의 고정자를 제외한다) 은, 도 2 에 나타내는 바와 같이, 플로어 (F) 상에 그 상면이 XY 평면에 거의 평행이 되도록 설치된 베이스 (BS) 상에 배치되어 있다. 이동 시스템 (200) 은, 도 3 에 나타내는 바와 같이, 베이스 플랫폼을 구성하는 평면에서 보았을 때 정육각상의 슬라이더 (10) 와, 엔드 이펙터를 구성하는 테이블 (12) 과, 슬라이더 (10) 와 테이블 (12) 을 연결하는 6 개의 신축 가능한 로드 (링크) (14<sub>1</sub> ~ 14<sub>6</sub>) 와, 로드 (14<sub>1</sub> ~ 14<sub>6</sub>) 에 각각 형성되어 당해 각 로드를 신축시키는 신축 기구 (16<sub>1</sub> ~ 16<sub>6</sub>) (도 3 에서는 도시 생략, 도 11 참조) 를 가지고 있다. 이동 시스템 (200) 은, 로드 (14<sub>1</sub> ~ 14<sub>6</sub>) 의 길이를 신축 기구 (16<sub>1</sub> ~ 16<sub>6</sub>) 로 각각 독립적으로 조정함으로써, 테이블 (12) 의 움직임을 삼차원 공간 내에서 6 자유도로 제어할 수 있는 구조로 되어 있다. 이동 시스템 (200) 은, 테이블 (12) 의 구동 기구로서, 스튜어트 플랫폼형의 6 자유도 패러렐 링크 기구를 구비하고 있으므로, 고정밀도, 고강성, 지지력이 큰 역운동학 계산이 용이하다는 등의 특징이 있다.

[0023] 본 실시형태에 관련된 조형 장치 (100) 에서는, 워크에 대한 부가 가공시 등에 있어서, 워크에 대해 원하는 형상의 조형물을 형성하는 등을 위해, 빔 조형 시스템 (500) 에 대해, 보다 구체적으로는 후술하는 빔 조사부로부터의 빔에 대해 워크 (테이블 (12)) 의 위치 및 자세가 제어된다. 원리적으로는, 이 반대로 빔 조사부로부터의 빔쪽이 가동이어도 되고, 빔과 워크 (테이블) 의 양방이 가동이어도 된다. 후술하는 바와 같이 빔 조형 시스템 (500) 은 복잡한 구성이기 때문에, 워크쪽을 움직이는 편이 간편하다.

[0024] 테이블 (12) 은, 여기서는, 정삼각형의 각 정점의 부분을 잘라낸 형상의 판 부재로 이루어진다. 테이블 (12) 의 상면에 부가 가공 대상의 워크 (W) 가 탑재된다. 테이블 (12) 에는, 워크 (W) 를 고정시키기 위한 척 기구 (13) (도 3 에서는 도시 생략, 도 11 참조) 가 형성되어 있다. 척 기구 (13) 로는, 예를 들어 메커니컬 척 혹은 진공 척 등이 사용된다. 또한, 테이블 (12) 에는, 도 3 에 나타내는 평면에서 보았을 때 원형의 계측 부재 (92) 를 포함하는 계측 장치 (110) (도 12, 도 13 참조) 가 형성되어 있다. 계측 장치 (110) 에 대해서는 이후에 상세히 서술한다. 또, 테이블 (12) 은, 도 3 에 나타내는 형상에 한정되지 않고, 사각형 판상, 원반상 등 어떠한 형상이어도 된다.

[0025] 이 경우, 도 3 으로부터 분명한 바와 같이, 로드 (14<sub>1</sub> ~ 14<sub>6</sub>) 의 각각은, 양단이 유니버설 조인트 (18) 를 개재하여, 슬라이더 (10) 와 테이블 (12) 에 각각 접속되어 있다. 또, 로드 (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) 는, 테이블 (12) 의 삼각형의 하나의 정점 위치의 근방에 접속되고, 슬라이더 (10) 와 이들 로드 (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) 에 의해 개략 삼각형이 구성되는 배치로 되어 있다. 동일하게, 로드 (14<sub>3</sub>, 14<sub>4</sub>) 및 로드 (14<sub>5</sub>, 14<sub>6</sub>) 는, 테이블 (12) 의 삼각형의 나머지 각 정점 위치의 근방에 각각 접속되고, 슬라이더 (10) 와, 로드 (14<sub>3</sub>, 14<sub>4</sub>) 및 로드 (14<sub>5</sub>, 14<sub>6</sub>) 에 의해, 각각 개략 삼각형이 구성되는 배치로 되어 있다.

[0026] 이들 로드 (14<sub>1</sub> ~ 14<sub>6</sub>) 의 각각은, 도 3 에 로드 (14<sub>1</sub>) 에 대해 대표적으로 나타내는 바와 같이, 각각의 축 방향으로 상대 이동 가능한 제 1 축 부재 (20) 와, 제 2 축 부재 (22) 를 가지고 있고, 제 1 축 부재 (20) 의 일단 (하단) 은, 슬라이더 (10) 에 유니버설 조인트 (18) 를 개재하여 장착되어 있고, 제 2 축 부재 (22) 의 타단 (상단) 은, 테이블 (12) 에 유니버설 조인트를 개재하여 장착되어 있다.

[0027] 제 1 축 부재 (20) 의 내부에는, 단 (段) 이 진 원주상의 중공부가 형성되어 있고, 이 중공부의 하단측에는, 예를 들어 벨로스형의 에어 실린더가 수납되어 있다. 이 에어 실린더에는, 공압 회로 및 공기압원 (모두 도시 생략) 이 접속되어 있다. 그리고, 그 공기압원으로부터 공급되는 압축 공기의 공기압을 공압 회로를 개재하여 제어함으로써, 에어 실린더의 내압을 제어하고, 이로써 에어 실린더가 갖는 피스톤이 축 방향으로 왕복동되게 되어 있다. 에어 실린더에서는, 복귀 공정은, 패러렐 링크 기구에 장착되었을 때에 피스톤에 작용하는 중력을 이용하게 되어 있다.

[0028] 또, 제 1 축 부재 (20) 의 중공부 내의 상단측에는, 축 방향으로 나열되어 배치된 복수의 전기자 코일로 이루어지는 전기자 유닛 (도시 생략) 이 배치되어 있다.

[0029] 한편, 제 2 축 부재 (22) 는, 그 일단부 (하단부) 가 제 1 축 부재 (20) 의 중공부 내에 삽입되어 있다. 이 제 2 축 부재 (22) 의 일단부에는, 다른 부분에 비해 직경이 작은 소경부가 형성되어 있고, 이 소경부의 주위에는, 자성체 부재로 이루어지는 원판상의 가동자 요크가 형성되어 있다. 가동자 요크의 외주부에는, 동일 치

수의 복수의 영구 자석으로 이루어지는 중공 원주상, 즉 원통상의 자석체가 형성되어 있다. 이 경우, 가동자 요크와 자석체에 의해, 중공 원주상의 자석 유닛이 구성되어 있다. 본 실시형태에서는, 전기자 유닛과 자석 유닛에 의해, 전자력 리니어 모터의 1 종인 샤프트 모터가 구성되어 있다. 이와 같이 하여 구성된 샤프트 모터에서는, 고정자인 전기자 유닛의 각 코일에 대해, 소정 주기 및 소정 진폭의 정현파상의 구동 전류를 공급함으로써, 자석 유닛과 전기자 유닛 사이의 전자기적 상호 작용의 1 종인 전자 상호 작용에 의해 발생하는 로렌츠력(구동력)에 의해 제 1 축 부재 (20)에 대해 제 2 축 부재 (22)가 축 방향으로 상대 구동된다.

[0030] 즉, 본 실시형태에서는, 상기 서술한 에어 실린더와, 샤프트 모터에 의해, 제 1 축 부재 (20)와 제 2 축 부재 (22)를 축 방향으로 상대 구동시켜, 로드 (14<sub>1</sub> ~ 14<sub>6</sub>)의 각각을 신축시키는 전술한 신축 기구 (16<sub>1</sub> ~ 16<sub>6</sub>) (도 11 참조)가 각각 구성되어 있다.

[0031] 또, 샤프트 모터의 가동자인 자석 유닛은, 제 1 축 부재 (20)의 내주면에 형성된 에어 패드를 개재하여 고정자인 전기자 유닛에 대해 비접촉으로 지지되어 있다.

[0032] 또, 도 3에서는 도시가 생략되어 있지만, 로드 (14<sub>1</sub> ~ 14<sub>6</sub>)의 각각에는, 제 1 축 부재 (20)를 기준으로 하는 제 2 축 부재 (22)의 축 방향의 위치를 검출하는 엡솔루트형의 리니어 인코더 (24<sub>1</sub> ~ 24<sub>6</sub>)가 형성되어 있고, 이들 리니어 인코더 (24<sub>1</sub> ~ 24<sub>6</sub>)의 출력은, 제어 장치 (600)에 공급되게 되어 있다 (도 11 참조). 리니어 인코더 (24<sub>1</sub> ~ 24<sub>6</sub>)로 검출되는 제 2 축 부재 (22)의 축 방향의 위치는, 로드 (14<sub>1</sub> ~ 14<sub>6</sub>) 각각의 길이에 대응한다.

[0033] 리니어 인코더 (24<sub>1</sub> ~ 24<sub>6</sub>)의 출력에 기초하여, 신축 기구 (16<sub>1</sub> ~ 16<sub>6</sub>)가 제어 장치 (600)에 의해 제어되게 되어 있다 (도 11 참조). 본 실시형태의 이동 시스템 (200)과 동일한 패러렐 링크 기구의 구성의 자세한 것은, 예를 들어 미국 특허 제6,940,582호 명세서에 개시되어 있고, 제어 장치 (600)는 상기 미국 특허 명세서에 개시되어 있는 것과 동일한 방법에 의해, 역운동학 계산을 사용하여 신축 기구 (16<sub>1</sub> ~ 16<sub>6</sub>)를 개재하여 테이블 (12)의 위치 및 자세를 제어한다.

[0034] 이동 시스템 (200)에서는, 로드 (14<sub>1</sub> ~ 14<sub>6</sub>)에 각각 형성되는 신축 기구 (16<sub>1</sub> ~ 16<sub>63</sub>)가, 서로 직렬 (또는 병렬)로 배치된 에어 실린더와 전자력 리니어 모터의 1 종인 샤프트 모터를 가지고 있으므로, 제어 장치 (600)에서는 에어 실린더의 공압 제어에 의해, 테이블 (12)을 거칠고 크게 구동시킴과 함께, 샤프트 모터에 의해 미세하게 미동시킬 수 있다. 이 결과, 테이블 (12)의 6 자유도 방향의 위치 (즉, 위치 및 자세)의 제어를 단시간에 정확하게 실시하는 것이 가능해진다.

[0035] 또, 로드 (14<sub>1</sub> ~ 14<sub>6</sub>)의 각각은, 샤프트 모터의 가동자인 자석 유닛을 고정자인 전기자 유닛에 대해 비접촉으로 지지하는 에어 패드를 가지고 있으므로, 신축 기구에 의한 로드의 신축을 제어할 때의 비선형 성분이 되는 마찰을 회피할 수 있고, 이로써, 테이블 (12)의 위치 및 자세의 제어를 더욱 고정밀도로 실시할 수 있다.

[0036] 또, 본 실시형태에서는, 신축 기구 (16<sub>1</sub> ~ 16<sub>6</sub>)를 구성하는 전자력 리니어 모터로서 샤프트 모터가 사용되고, 그 샤프트 모터에서는 가동자측에 원통상의 자석이 사용된 자석 유닛이 사용되고 있으므로, 그 자석의 방사 방향의 전체 방향에 자속 (자계)이 발생하여, 그 전체 방향의 자속을 전자 상호 작용에 의한 로렌츠력(구동력)의 발생에 기여시킬 수 있으며, 예를 들어 통상적인 리니어 모터 등과 비교하여 분명하게 큰 추력을 발생시킬 수 있어, 유압 실린더 등에 비해 소형화가 용이하다.

[0037] 따라서, 각 로드가 샤프트 모터를 각각 포함하는 이동 시스템 (200)에 의하면, 소형·경량화와 출력의 향상을 동시에 실현할 수 있어, 조형 장치 (100)에 바람직하게 적용할 수 있다.

[0038] 또, 제어 장치 (600)에서는, 신축 기구를 각각 구성하는 에어 실린더의 공압을 제어함으로써 저주파 진동을 제진함과 함께 샤프트 모터에 대한 전류 제어에 의해 고주파 진동을 절연하도록 할 수 있다.

[0039] 이동 시스템 (200)은, 추가로 평면 모터 (26) (도 11 참조)를 구비하고 있다. 슬라이더 (10)의 저면에는, 자석 유닛 (또는 코일 유닛)으로 이루어지는 평면 모터 (26)의 가동자가 형성되고, 이에 대응하여 베이스 (BS)의 내부에는, 코일 유닛 (또는 자석 유닛)으로 이루어지는 평면 모터 (26)의 고정자가 수용되어 있다. 슬라이더 (10)의 저면에는, 가동자를 둘러싸고 복수의 에어 베어링 (공기 정압 베어링)이 형성되고, 복수의 에어 베어링에 의해 슬라이더 (10)는, 평판도가 높게 마무리된 베이스 (BS)의 상면 (가이드면) 상에 소정의 클리어런스 (갭 또는 간극)를 두고 부상 지지되어 있다. 평면 모터 (26)의 고정자와 가

동자 사이의 전자 상호 작용에 의해 생기는 전자력 (로렌츠력) 에 의해, 슬라이더 (10) 는, 베이스 (BS) 의 상면에 대해 비접촉으로 XY 평면 내에서 구동된다. 본 실시형태에서는, 이동 시스템 (200) 은, 도 1 에 나타내는 바와 같이, 계측 시스템 (400) 및 빔 조형 시스템 (500), 그리고 반송 시스템 (300) 의 배치 위치 상호간에서, 테이블 (12) 을 자유롭게 이동 가능하다. 또한, 이동 시스템 (200) 이, 각각에 워크 (W) 를 탑재하는 복수의 테이블 (12) 을 구비하고 있어도 된다. 예를 들어 복수의 테이블의 하나에 유지된 워크에 대해 빔 조형 시스템 (500) 을 사용한 가공을 실시하고 있는 동안에, 다른 하나의 테이블에 유지된 워크에 대해 계측 시스템 (400) 을 사용한 계측을 실시해도 된다. 이러한 경우에 있어서도, 계측 시스템 (400) 및 빔 조형 시스템 (500), 그리고 반송 시스템 (300) 의 배치 위치 상호간에서, 각각의 테이블이 자유롭게 이동 가능하다. 혹은, 오로지 계측 시스템 (400) 을 사용한 계측시에 워크를 유지하는 테이블과, 오로지 빔 조형 시스템 (500) 을 사용한 가공시에 워크를 유지하는 테이블을 형성함과 함께, 그 2 개의 테이블에 대한 워크의 반입 및 반출이 워크 반송계 등에 의해 가능해지는 구성을 채용한 경우에는, 각각의 슬라이더 (10) 는, 베이스 (BS) 상에 고정되어 있어도 된다. 복수의 테이블 (12) 을 형성하는 경우에도, 각각의 테이블 (12) 은 6 자유도 방향으로 작동하며, 그 6 자유도 방향의 위치의 제어가 가능하다.

[0040] 또한, 평면 모터 (26) 로는, 에어 부상 방식에 한정되지 않고, 자기 부상 방식의 평면 모터를 사용해도 된다. 후자의 경우, 슬라이더 (10) 에는, 에어 베어링을 형성하는 필요는 없다. 또, 평면 모터 (26) 로는, 무빙·마크넷형, 무빙·코일형의 어느 것이나 사용할 수 있다.

[0041] 제어 장치 (600) 에서는, 평면 모터 (26) 를 구성하는 코일 유닛의 각 코일에 공급하는 전류의 크기 및 방향 중 적어도 일방을 제어함으로써, 슬라이더 (10) 를, 베이스 (BS) 상에서 X, Y 2 차원 방향으로 자유롭게 구동시킬 수 있다.

[0042] 본 실시형태에서는, 이동 시스템 (200) 은, 슬라이더 (10) 의 X 축 방향 및 Y 축 방향에 관한 위치 정보를 계측하는 위치 계측계 (28) (도 11 참조) 를 구비하고 있다. 위치 계측계 (28) 로는, 2 차원 앵슬루트 인코더를 사용할 수 있다. 구체적으로는, 베이스 (BS) 의 상면에, X 축 방향의 전체 길이에 걸친 소정 폭의 띠상의 앵슬루트 코드를 갖는 2 차원 스케일을 형성하고, 이에 대응하여 슬라이더 (10) 의 저면에, 발광 소자 등의 광원과, 그 광원으로부터 사출된 광속에 의해 조명된 2 차원 스케일로부터의 반사광을 각각 수광하는 X 축 방향으로 배열된 일차원 수광 소자 어레이 및 Y 축 방향으로 배열된 일차원 수광 소자 어레이에 의해 구성되는 X 헤드 및 Y 헤드를 형성한다. 2 차원 스케일로는, 예를 들어 비반사성의 기재 (반사율 0 %) 상에 있어서, 서로 직교하는 2 방향 (X 축 방향 및 Y 축 방향) 을 따라 일정한 주기로 복수의 정방형의 반사부 (마크) 가 2 차원 배열되고, 반사부의 반사 특성 (반사율) 이 소정의 규칙을 따르는 구조를 갖는 것이 사용된다. 2 차원 앵슬루트 인코더로는, 예를 들어 미국 특허출원공개 제2014/0070073호에 개시되어 있는 2 차원 앵슬루트 인코더와 동일한 구성을 채용해도 된다. 미국 특허출원공개 제2014/0070073호와 동일한 구성의 앵슬루트형 2 차원 인코더에 의하면, 종래의 인크리멘탈 인코더와 동등한 고정밀한 2 차원 위치 정보의 계측이 가능해진다. 앵슬루트 인코더이기 때문에, 인크리멘탈 인코더와 달리 원점 검출이 필요하지 않다. 위치 계측계 (28) 의 계측 정보는 제어 장치 (600) 에 보내진다.

[0043] 본 실시형태에서는, 후술하는 바와 같이, 계측 시스템 (400) 에 의해, 테이블 (12) 상에 탑재된 워크 (W) 상의 대상면 (예를 들어 상면) 의 적어도 일부의 삼차원 공간 내의 위치 정보 (본 실시형태에서는 형상 정보) 가 계측되고, 그 계측 후에 워크 (W) 에 대한 부가 가공 (조형) 이 실시된다. 따라서, 제어 장치 (600) 는, 워크 (W) 상의 대상면의 적어도 일부의 형상 정보를 계측했을 때, 그 계측 결과와, 그 계측시에 있어서의 로드 (14<sub>1</sub> ~ 14<sub>6</sub>) 에 형성된 리니어 인코더 (24<sub>1</sub> ~ 24<sub>6</sub>) 의 계측 결과 및 위치 계측계 (28) 의 계측 결과를 대응시킴으로써, 테이블 (12) 에 탑재된 워크 (W) 상의 대상면의 위치 및 자세를, 조형 장치 (100) 의 기준 좌표계 (이하, 테이블 좌표계라고 부른다) 와 관련지을 수 있다. 이로써, 그 이후에는, 리니어 인코더 (24<sub>1</sub> ~ 24<sub>6</sub>) 및 위치 계측계 (28) 의 계측 결과에 기초한 테이블 (12) 의 6 자유도 방향의 위치의 오픈루프의 제어에 의해, 워크 (W) 상의 대상면 (TAS) 의 목표값에 대한 6 자유도 방향에 관한 위치 제어가 가능하게 되어 있다. 본 실시형태에서는, 리니어 인코더 (24<sub>1</sub> ~ 24<sub>6</sub>) 및 위치 계측계 (28) 로서, 앵슬루트형의 인코더가 사용되고 있으므로 원점 형성이 필요하지 않기 때문에 리셋이 용이하다. 또한, 테이블 (12) 의 6 자유도 방향의 위치의 오픈루프의 제어에 의한 워크 (W) 상의 대상면의 목표값에 대한 6 자유도 방향에 관한 위치 제어를 가능하게 하기 위해서 사용되는, 계측 시스템 (400) 에서 계측해야 할 전술한 삼차원 공간 내의 위치 정보는, 형상에 한정되지 않고, 대상면의 형상에 따른 적어도 3 점의 삼차원 위치 정보이면 충분하다.

[0044] 또한, 본 실시형태에서는, 슬라이더 (10) 를 XY 평면 내에서 구동시키는 구동 장치로서, 평면 모터 (26) 를 사

용하는 경우에 대해 설명했지만, 평면 모터 (26) 대신에 리니어 모터를 사용해도 된다. 이 경우, 전술한 2차원 앵술루트 인코더 대신에, 앵술루트형의 리니어 인코더에 의해 슬라이더 (10) 의 위치 정보를 계측하는 위치 계측계를 구성해도 된다. 또, 슬라이더 (10) 의 위치 정보를 계측하는 위치 계측계를, 인코더에 한정하지 않고, 간접계 시스템을 사용하여 구성해도 된다.

[0045] 또, 본 실시형태에서는, 테이블을 구동시키는 기구를, 슬라이더를 XY 평면 내에서 구동시키는 평면 모터와, 슬라이더에 의해 베이스 플랫폼이 구성되는 스튜어트 플랫폼형의 6 자유도 패러렐 링크 기구를 사용하여 구성하는 경우에 대해 예시했지만, 이것에 한정되지 않고, 그 밖의 타입의 패러렐 링크 기구, 혹은 패러렐 링크 기구 이외의 기구를 사용하여 테이블을 구동시키는 기구를 구성해도 된다. 예를 들어, XY 평면 내에서 이동하는 슬라이더와, 슬라이더 상에서 테이블 (12) 을 Z 축 방향 및 XY 평면에 대한 경사 방향으로 구동시키는 Z 틸트 구동 기구를 채용해도 된다. 이러한 Z 틸트 구동 기구의 일례로는, 테이블 (12) 을 삼각형의 각 정점 위치에서 예를 들어 유니버설 조인트 그 밖의 조인트를 개재하여 하방으로부터 지지함과 함께, 각 지지점을 서로 독립적으로 Z 축 방향으로 구동 가능한 3 개의 액츄에이터 (보이스 코일 모터 등) 를 갖는 기구를 들 수 있다. 단, 이동 시스템 (200) 의 테이블을 구동시키는 기구의 구성은, 이들에 한정되는 것은 아니며, 워크가 재치 (載置) 되는 테이블 (가동 부재) 을 XY 평면 내의 3 자유도 방향, 및 Z 축 방향, 그리고 XY 평면에 대한 경사 방향의 적어도 5 자유도 방향으로 구동시킬 수 있는 구성이면 되고, XY 평면 내에서 이동하는 슬라이더를 구비하지 않아도 된다. 예를 들어 테이블과 이 테이블을 구동시키는 로봇에 의해 이동 시스템을 구성해도 된다. 어느 구성이든, 테이블의 위치를 계측하는 계측계를 앵술루트형의 리니어 인코더의 조합, 또는 그 리니어 인코더와 앵술루트형의 로터리 인코더의 조합을 사용하여 구성하면, 리셋을 용이하게 할 수 있다.

[0046] 이 밖에, 이동 시스템 (200) 대신에, 테이블 (12) 을 XY 평면 내의 3 자유도 방향, 및 Z 축 방향, 그리고 XY 평면에 대한 경사 방향 ( $\theta_x$  또는  $\theta_y$ ) 중 적어도 5 자유도 방향으로 구동 가능한 시스템을 채용해도 된다. 이 경우에 있어서, 테이블 (12) 그 자체를, 에어 부상 또는 자기 부상에 의해, 베이스 (BS) 등의 지지 부재의 상면 상에 소정의 클리어런스 (갭 또는 간극) 를 두고 부상 지지 (비접촉 지지) 해도 된다. 이와 같은 구성을 채용하면, 테이블은, 이것을 지지하는 부재에 대해 비접촉으로 이동하므로, 위치 결정 정밀도상 매우 유리하고, 조형 정밀도 향상에 크게 기여한다.

[0047] 계측 시스템 (400) 은, 테이블 (12) 에 탑재된 워크의 위치 및 자세를 테이블 좌표계와 관련짓기 위한 워크의 삼차원 위치 정보, 일례로서 형상의 계측을 실시한다. 계측 시스템 (400) 은, 도 2 에 나타내는 바와 같이, 레이저 비접촉식의 삼차원 계측기 (401) 를 구비하고 있다. 삼차원 계측기 (401) 는, 베이스 (BS) 상에 설치된 프레임 (30) 과, 프레임 (30) 에 장착된 헤드부 (32) 와, 헤드부 (32) 에 장착된 Z 축 가이드 (34) 와, Z 축 가이드 (34) 의 하단에 형성된 회전 기구 (36) 와, 회전 기구 (36) 의 하단에 접속된 센서부 (38) 를 구비하고 있다.

[0048] 프레임 (30) 은, Y 축 방향으로 연장되는 수평 부재 (40) 와, 수평 부재 (40) 를 Y 축 방향의 양단부에서 하방으로부터 지지하는 1 쌍의 기둥 부재 (42) 로 이루어진다.

[0049] 헤드부 (32) 는, 프레임 (30) 의 수평 부재 (40) 에 장착되어 있다.

[0050] Z 축 가이드 (34) 는, 헤드부 (32) 에 Z 축 방향으로 이동 가능하게 장착되고, Z 구동 기구 (44) (도 2 에서는 도시 생략, 도 11 참조) 에 의해 Z 축 방향으로 구동된다. Z 축 가이드 (34) 의 Z 축 방향의 위치 (또는 기준 위치로부터의 변위) 는, Z 인코더 (46) (도 2 에서는 도시 생략, 도 11 참조) 에 의해 계측된다.

[0051] 회전 기구 (36) 는, 센서부 (38) 를 헤드부 (32) (Z 축 가이드 (34)) 에 대해 소정 각도 범위 (예를 들어 90 도 ( $\pi/2$ ) 또는 180 도 ( $\pi$ ) 의 범위) 내에서 Z 축과 평행한 회전 중심축 둘레로 연속적으로 (또는 소정 각도 스텝으로) 회전 구동된다. 본 실시형태에서는, 회전 기구 (36) 에 의한 센서부 (38) 의 회전 중심축은, 센서부 (38) 를 구성하는 후술하는 조사부로부터 조사되는 라인광의 중심축과 일치하고 있다. 회전 기구 (36) 에 의한 센서부 (38) 의 기준 위치로부터의 회전 각도 (또는 센서부의  $\theta_z$  방향의 위치) 는, 예를 들어 로터리 인코더 등의 회전 각도 센서 (48) (도 2 에서는 도시 생략, 도 11 참조) 에 의해 계측된다.

[0052] 센서부 (38) 는, 테이블 (12) 상에 재치되는 피검물 (도 2 에서는 워크 (W)) 에 광 절단을 실시하기 위한 라인광을 조사하는 조사부 (50) 와, 라인광이 조사됨으로써 광 절단면 (선) 이 나타난 피검물의 표면을 검출하는 검출부 (52) 를 주체로 구성된다. 또, 센서부 (38) 에는, 검출부 (52) 에 의해 검출된 화상 데이터에 기초하여 피검물의 형상을 구하는 연산 처리부 (54) 가 접속되어 있다. 연산 처리부 (54) 는, 본 실시형태에서는 조형 장치 (100) 의 구성 각 부를 통괄적으로 제어하기 위한 제어 장치 (600) 에 포함된다 (도 11 참조).

- [0053] 조사부 (50) 는, 도시되지 않은 실린드릭 렌즈 및 가는 떠상의 절결을 갖는 슬릿판 등으로 구성되고, 광원으로 부터의 조명광을 받아 선상(扇狀)의 라인광(50a)을 발생시키는 것이다. 광원으로는, LED, 레이저 광원 혹은 SLD(super luminescent diode) 등을 사용할 수 있다. LED를 사용한 경우에는 저렴하게 광원을 형성할 수 있다. 또, 레이저 광원을 사용한 경우, 점광원이기 때문에 수차가 적은 라인광을 만들 수 있어, 파장 안정성이 우수하고 반치폭이 작고, 미광(迷光) 컷에 반치폭이 작은 필터를 사용할 수 있기 때문에, 외란의 영향을 줄일 수 있다. 또, SLD를 사용한 경우에는, 레이저 광원의 특성에 더하여 가간섭성이 레이저광보다 낮기 때문에 피검물면에서의 스펙클의 발생을 억제할 수 있다. 검출부(52)는, 피검물(워크(W))의 표면에 투영되는 라인광(50a)을 조사부(50)의 광 조사 방향과는 상이한 방향에서 촬상하기 위한 것이다. 또, 검출부(52)는, 도시되지 않은 결상 렌즈나 CCD 등으로 구성되고, 후술하는 바와 같이 테이블(12)을 이동시켜 라인광(50a)이 소정 간격 주사될 때마다 피검물(워크(W))을 촬상하게 되어 있다. 또한, 조사부(50) 및 검출부(52)의 위치는, 피검물(워크(W))의 표면 상의 라인광(50a)의 검출부(52)에 대한 입사 방향과, 조사부(50)의 광 조사 방향이, 소정 각도( $\theta$ )를 이루도록 정해져 있다. 본 실시형태에서는, 상기 소정 각도( $\theta$ )가 예를 들어 45도로 설정되어 있다.
- [0054] 검출부(52)에서 촬상된 피검물(워크(W))의 화상 데이터는, 연산 처리부(54)에 보내지고, 여기서 소정의 화상 연산 처리가 이루어져 피검물(워크(W))의 표면의 높이가 산출되어, 피검물(워크(W))의 삼차원 형상(표면 형상)이 구해지게 되어 있다. 연산 처리부(54)는, 피검물(워크(W))의 화상에 있어서, 피검물(워크(W))의 요철에 따라 변형된 라인광(50a)에 의한 광 절단면(선)의 위치 정보에 기초하여, 광 절단면(선)(라인광(50a))이 연장되는 길이 방향의 화소마다 삼각 측량의 원리를 사용하여 피검물(워크(W)) 표면의 기준 평면으로부터의 높이를 산출하여, 피검물(워크(W))의 삼차원 형상을 구하는 연산 처리를 실시한다.
- [0055] 본 실시형태에서는, 제어 장치(600)가 피검물(워크(W))에 투영된 라인광(50a)의 길이 방향과 대략 직각인 방향으로 테이블(12)을 이동시킴으로써, 라인광(50a)을 피검물(워크(W))의 표면을 주사시킨다. 제어 장치(600)는, 센서부(38)의 회전 각도를 회전 각도 센서(48)로 검출하고, 그 검출 결과에 기초하여 테이블(12)을 라인광(50a)의 길이 방향과 대략 직각인 방향으로 이동시킨다. 이와 같이, 본 실시형태에서는, 피검물(워크(W))의 형상 등의 계측시에 테이블(12)을 이동시키므로, 그 전제로서, 워크(W)를 유지하고 계측 시스템(400)의 센서부(38)의 하방으로 이동해 온 시점에서는, 테이블(12)의 위치 및 자세(6자유도 방향의 위치)는, 항상 소정의 기준 상태로 설정되어 있다. 기준 상태는, 예를 들어 로드(14<sub>1</sub> ~ 14<sub>6</sub>)가 모두 신축 스트로크 범위의 중립점에 상당하는 길이(혹은 최소의 길이)가 되는 상태이며, 이 때, 테이블(12)의 Z축,  $\theta_x$ ,  $\theta_y$  및  $\theta_z$ 의 각 방향의 위치  $(Z, \theta_x, \theta_y, \theta_z) = (Z_0, 0, 0, 0)$ 이 된다. 또, 이 기준 상태에서는, 테이블(12)의 XY평면 내의 위치(X, Y)는, 위치 계측계(28)에 의해 계측되는 슬라이더(10)의 X, Y 위치와 일치한다.
- [0056] 그 후, 피검물(워크(W))에 대한 상기 서술한 계측이 개시되지만, 이 계측 중을 포함하여, 테이블(12)의 6자유도 방향의 위치는, 제어 장치(600)에 의해 테이블 좌표계 상에서 관리된다. 즉, 제어 장치(600)는, 위치 계측계(28)의 계측 정보에 기초하여 평면 모터(26)를 제어함과 함께, 리니어 인코더(24<sub>1</sub> ~ 24<sub>6</sub>)의 계측값에 기초하여, 신축 기구(16<sub>1</sub> ~ 16<sub>6</sub>)를 제어함으로써, 테이블(12)의 6자유도 방향의 위치를 제어한다.
- [0057] 그런데, 본 실시형태에 관련된 삼차원 계측기(401)와 같이 광 절단법을 사용하는 경우, 센서부(38)의 조사부(50)로부터 피검물(워크(W))에 조사되는 라인광(50a)을, 센서부(38)와 테이블(12)(피검물(워크(W)))의 상대 이동 방향과 직교하는 방향으로 배치시키는 것이 바람직하다. 예를 들어, 도 2에 있어서, 센서부(38)와 피검물(워크(W))의 상대 이동 방향을 Y축 방향으로 설정했을 경우, 라인광(50a)을 X축 방향을 따라 배치하는 것이 바람직하다. 이와 같이 하면, 계측시에 라인광(50a)의 전역을 유효하게 이용한 피검물(워크(W))에 대한 상대 이동을 실시할 수 있어, 피검물(워크(W))의 형상을 최적으로 계측할 수 있기 때문이다. 라인광(50a)의 방향과 상기 서술한 상대 이동 방향을 항상 직교시킬 수 있도록, 회전 기구(36)가 형성되어 있다.
- [0058] 상기 서술한 삼차원 계측기(401)는, 예를 들어 미국 특허출원공개 제2012/0105867호에 개시되어 있는 형상 측정 장치와 동일하게 구성되어 있다. 단, 라인광의 피검물에 대한 X, Y 평면에 평행한 방향의 주사는, 미국 특허출원 제2012/0105867호에 기재되어 있는 장치에서는, 센서부의 이동에 의해 실시되는 데에 대해, 본 실시형태에서는, 테이블(12)의 이동에 의해 실시되는 점이 상이하다. 또한, 본 실시형태에서는, 라인광의 피검

물에 대한 Z 축에 평행한 방향의 주사시에는, Z 축 가이드 (34) 및 테이블 (12) 중 어느 것을 구동시켜도 된다.

- [0059] 본 실시형태에 관련된 삼차원 계측기 (401) 를 사용하는 계측 방법에서는, 광 절단법을 사용함으로써, 피검물의 표면에 1 개의 라인광으로 이루어지는 라인상 투영 패턴을 투영하고, 라인상 투영 패턴을 피검물 표면의 전역을 주사시킬 때마다, 피검물에 투영된 라인상 투영 패턴을 투영 방향과 상이한 각도에서 촬상한다. 그리고, 촬상된 피검물 표면의 촬상 화상으로부터 라인상 투영 패턴의 길이 방향의 화소마다 삼각 측량의 원리 등을 사용하여 피검물 표면의 기준 평면으로부터의 높이를 산출하여, 피검물 표면의 삼차원 형상을 구한다.
- [0060] 이 밖에, 계측 시스템 (400) 을 구성하는 삼차원 계측기로는, 예를 들어 미국 특허 제7,009,717호 명세서에 개시되어 있는 광 프로브와 동일한 구성의 장치를 사용할 수도 있다. 이 광 프로브는, 2 개 이상의 광학 그룹으로 구성되고, 2 이상의 시야 방향과 2 이상의 투영 방향을 포함한다. 1 개의 광학 그룹에서는 1 개 이상의 시야 방향과 1 개 이상의 투영 방향을 포함하고, 적어도 1 개의 시야 방향과 적어도 1 개의 투영 방향이 광학 그룹 사이에서 상이하고, 시야 방향에 의해 얻어진 데이터는 동일한 광학 그룹의 투영 방향에 의해 투영된 패턴만으로 생성된다.
- [0061] 계측 시스템 (400) 은, 상기 서술한 삼차원 계측기 (401) 대신에, 혹은 상기 서술한 삼차원 계측기에 더하여, 얼라인먼트 마크를 광학적으로 검출하는 마크 검출계 (56) (도 11 참조) 를 구비하고 있어도 된다. 마크 검출계 (56) 는, 예를 들어 워크에 형성된 얼라인먼트 마크를 검출할 수 있다. 제어 장치 (600) 는, 마크 검출계 (56) 를 사용하여 적어도 3 개의 얼라인먼트 마크의 중심 위치 (삼차원 좌표) 를 각각 정확하게 검출함으로써, 워크 (또는 테이블 (12)) 의 위치 및 자세를 산출한다. 이러한 마크 검출계 (56) 는, 예를 들어 스테레오 카메라를 포함하여 구성할 수 있다. 마크 검출계 (56) 에 의해, 테이블 (12) 상에 미리 형성된 최저 3 지점의 얼라인먼트 마크를 광학적으로 검출하는 것으로 해도 된다.
- [0062] 본 실시형태에서는, 제어 장치 (600) 는, 상기 서술한 바와 같이 하여 삼차원 계측기 (401) 를 사용하여, 워크 (W) 의 표면 (대상면) 을 주사하여, 그 표면 형상 데이터를 취득한다. 그리고, 제어 장치 (600) 는, 그 표면 형상 데이터를 사용하여 최소 자승적 (自乘的) 처리를 실시하여 워크 상의 대상면의 삼차원적 위치 및 자세를 테이블 좌표계에 대해 관련지음을 실시한다. 여기서, 피검물 (워크 (W)) 에 대한 상기 서술한 계측 중을 포함하여, 테이블 (12) 의 6 자유도 방향의 위치는, 제어 장치 (600) 에 의해 테이블 좌표계 상에서 관리되고 있으므로, 워크의 삼차원적 위치 및 자세가 테이블 좌표계에 대해 관련지어진 후에는, 삼차원 조형에 의한 부가 가공시를 포함하여, 워크 (W) 의 6 자유도 방향의 위치 (즉, 위치 및 자세) 의 제어는 모두 테이블 좌표계에 따른 테이블 (12) 의 오픈루프의 제어에 의해 실시할 수 있다.
- [0063] 본 실시형태의 계측 시스템 (400) 은, 부가 가공 개시 전의 워크 등의 위치 계측에 더하여, 부가 가공 후의 부품 (워크) 의 형상 검사에도 사용되지만, 이에 대해서는 후술한다.
- [0064] 도 4 에는, 빔 조형 시스템 (500) 이 워크 (W) 가 탑재된 테이블 (12) 과 함께 나타나 있다. 도 4 에 나타내는 바와 같이, 빔 조형 시스템 (500) 은, 광원계 (510) 를 포함하고, 빔을 사출하는 빔 조사부 (520) 와, 분말상의 조형 재료를 공급하는 재료 처리부 (530) 와, 워터 샤워 노즐 (540) (도 4 에서는 도시 생략, 도 11 참조) 을 구비하고 있다. 또한, 빔 조형 시스템 (500) 이 워터 샤워 노즐 (540) 을 구비하지 않아도 된다.
- [0065] 광원계 (510) 는, 도 5 에 나타내는 바와 같이, 광원 유닛 (60) 과, 광원 유닛 (60) 에 접속된 라이트 가이드 파이버 (62) 와, 라이트 가이드 파이버 (62) 의 사출측에 배치된 더블 플라이아이 광학계 (64) 와, 콘덴서 렌즈계 (66) 를 구비하고 있다.
- [0066] 광원 유닛 (60) 은,하우징 (68) 과, 하우징 (68) 의 내부에 수납되고, 서로 평행하게 매트릭스상으로 나열된 복수의 레이저 유닛 (70) 을 구비하고 있다. 레이저 유닛 (70) 으로는, 펄스 발진 또는 연속파 발진 동작을 실시하는 각종 레이저, 예를 들어 탄산 가스 레이저, Nd : YAG 레이저, 파이버 레이저, 혹은 GaN 계 반도체 레이저 등의 광원의 유닛을 사용할 수 있다.
- [0067] 라이트 가이드 파이버 (62) 는, 다수의 광 파이버 소선을 랜덤하게 묶어 구성된 파이버 번들로서, 복수의 레이저 유닛 (70) 의 사출단에 개별적으로 접속된 복수의 입사구 (62a) 와, 입사구 (62a) 의 수보다 많은 수의 사출구를 갖는 사출부 (62b) 를 가지고 있다. 라이트 가이드 파이버 (62) 는, 복수의 레이저 유닛 (70) 의 각각으로부터 사출되는 복수의 레이저 빔 (이하, 적절히 「빔」 이라고 약기한다) 을, 각 입사구 (62a) 를 통해서 수광하여 다수의 사출구에 분배하고, 각 레이저 빔의 적어도 일부를 공통의 사출구로부터 사출시킨다. 이와 같이 하여, 라이트 가이드 파이버 (62) 는, 복수의 레이저 유닛 (70) 의 각각으로부터 사출되는 빔을 혼합하여 사출한다. 이로써, 단일 레이저 유닛을 사용하는 경우에 비해, 총출력을 레이저 유닛 (70) 의 수에 따라 증

가시킬 수 있다. 단, 단일 레이저 유닛으로 충분한 출력이 얻어지는 경우에는, 복수의 레이저 유닛을 사용하지 않아도 된다.

- [0068] 여기서, 사출부 (62b) 는, 다음에 설명하는 더블 플라이아이 광학계 (64) 의 입사단을 구성하는 제 1 플라이아이 렌즈계의 입사단의 전체 형상과 상사 (相似) 한 단면 형상을 갖고, 그 단면 내에 사출구가 거의 균등한 배치로 형성되어 있다. 이 때문에, 라이트 가이드 파이버 (62) 는, 상기 서술한 바와 같이 하여 혼합한 빔을, 제 1 플라이아이 렌즈계의 입사단의 전체 형상과 상사가 되도록 정형하는 정형 광학계의 역할도 겸하고 있다.
- [0069] 더블 플라이아이 광학계 (64) 는, 빔 (조명광) 의 단면 강도 분포를 균일화하기 위한 것으로, 라이트 가이드 파이버 (62) 후방의 레이저 빔의 빔로 (광로) 상에 순차 배치된 제 1 플라이아이 렌즈계 (72), 렌즈계 (74), 및 제 2 플라이아이 렌즈계 (76) 로 구성된다. 또한, 제 2 플라이아이 렌즈계 (76) 의 주위에는, 조리개가 형성되어 있다.
- [0070] 이 경우, 제 1 플라이아이 렌즈계 (72) 의 입사면, 제 2 플라이아이 렌즈계 (76) 의 입사면은, 광학적으로 서로 공액으로 설정되어 있다. 또, 제 1 플라이아이 렌즈계 (72) 의 사출측 초점면 (여기에 후술하는 면광원이 형성된다), 제 2 플라이아이 렌즈계 (76) 의 사출측 초점면 (여기에 후술하는 면광원이 형성된다), 및 후술하는 집광 광학계의 동면 (입사동) (PP) 은 광학적으로 서로 공액으로 설정되어 있다. 또한, 본 실시형태에 있어서, 집광 광학계 (82) 의 동면 (입사동) (PP) 은, 전측 초점면과 일치하고 있다 (예를 들어 도 4, 도 6, 도 7 등 참조).
- [0071] 라이트 가이드 파이버 (62) 에 의해 혼합된 빔은, 더블 플라이아이 광학계 (64) 의 제 1 플라이아이 렌즈계 (72) 에 입사한다. 이로써, 제 1 플라이아이 렌즈계 (72) 의 사출측 초점면에 면광원, 즉, 다수의 광원 이미지 (점광원) 로 이루어지는 2 차 광원이 형성된다. 이들 다수의 점광원의 각각으로부터의 레이저광은, 렌즈계 (74) 를 통해서 제 2 플라이아이 렌즈계 (76) 에 입사한다. 이로써, 제 2 플라이아이 렌즈계 (76) 의 사출측 초점면에 다수의 미소한 광원 이미지를 소정 형상의 영역 내에 고르게 분포시킨 면광원 (3 차 광원) 이 형성된다.
- [0072] 콘덴서 렌즈계 (66) 는, 상기 3 차 광원으로부터 사출된 레이저광을, 조도 분포가 균일한 빔으로서 사출한다.
- [0073] 또한, 제 2 플라이아이 렌즈계 (76) 의 입사단의 면적, 콘덴서 렌즈계 (66) 의 초점 거리 등의 최적화에 의해, 콘덴서 렌즈계 (66) 로부터 사출되는 빔은 평행 빔으로 간주할 수 있다.
- [0074] 본 실시형태의 광원계 (510) 는, 라이트 가이드 파이버 (62) 와 더블 플라이아이 광학계 (64) 와 콘덴서 렌즈계 (66) 를 구비한 조도 균일화 광학계를 구비하고, 이 조도 균일화 광학계를 사용하여, 복수의 레이저 유닛 (70) 으로부터 각각 사출되는 빔을 혼합하여, 단면 조도 분포가 균일화된 평행 빔을 생성한다.
- [0075] 또한, 조도 균일화 광학계는, 상기 서술한 구성에 한정되지 않는다. 로드 인테그레이터, 콜리메이터 렌즈계 등을 사용하여 조도 균일화 광학계를 구성해도 된다.
- [0076] 광원계 (510) 의 광원 유닛 (60) 은, 제어 장치 (600) 에 접속되어 있고 (도 11 참조), 제어 장치 (600) 에 의해, 광원 유닛 (60) 을 구성하는 복수의 레이저 유닛 (70) 의 온오프가 개별적으로 제어된다. 이로써, 빔 조사부 (520) 로부터 워크 (W) (위의 대상면) 에 조사되는 레이저 빔의 광량 (레이저 출력) 이 조정된다.
- [0077] 빔 조사부 (520) 는, 도 4 에 나타내는 바와 같이, 광원계 (510) 외에, 광원계 (510) (콘덴서 렌즈계 (66)) 로부터의 평행 빔의 광로 상에 순차 배치된 빔 단면 강도 변환 광학계 (78) 및 공간 광 변조기 (SLM : Spatial Light Modulator) 의 1 종인 미러 어레이 (80) 와, 미러 어레이 (80) 로부터의 광을 집광하는 집광 광학계 (82) 를 갖는다. 여기서, 공간 광 변조기란, 소정 방향으로 진행하는 광의 진폭 (강도), 위상 혹은 편광의 상태를 공간적으로 변조하는 소자의 총칭이다.
- [0078] 빔 단면 강도 변환 광학계 (78) 는, 광원계 (510) (콘덴서 렌즈계 (66)) 로부터의 평행 빔의 단면의 강도 분포를 변환한다. 본 실시형태에서는, 빔 단면 강도 변환 광학계 (78) 는, 광원계 (510) 로부터의 평행 빔을, 그 단면의 중심을 포함하는 영역의 강도가 거의 영이 되는 도너츠상 (윤대상 (輪帶狀)) 의 평행 빔으로 변환한다. 빔 단면 강도 변환 광학계 (78) 는, 본 실시형태에서는, 예를 들어 광원계 (510) 로부터의 평행 빔의 광로 상에 순차 배치된 볼록형 원추 반사경 및 오목형 원추 반사경에 의해 구성되어 있다. 볼록형 원추 반사경은, 그 광원계 (510) 측에 외주면이 원추상의 반사면을 갖고, 오목형 원추 반사경은, 그 내경이 볼록형 원추 반사경의 외경보다 큰 환상 부재로 이루어지고, 그 내주면에 볼록형 원추 반사경의 반사면에 대항하는 반사면을 갖는다. 이 경우, 오목형 원추 반사경의 중심을 지나는 임의의 단면에서 보면, 볼록형 원추 반사경의

반사면과 오목형 원추 반사경의 반사면은 평행이다. 따라서, 광원계 (510) 로부터의 평행 빔은, 볼록형 원추 반사경의 반사면에 의해 방사상으로 반사되고, 이 반사 빔이 오목형 원추 반사경의 반사면에서 반사됨으로써, 윤대상의 평행 빔으로 변환된다.

[0079] 본 실시형태에서는, 빔 단면 강도 변환 광학계 (78) 를 경유한 평행 빔은, 후술하는 바와 같이 미러 어레이 (80) 및 집광 광학계 (82) 를 통해서 워크에 조사된다. 빔 단면 강도 변환 광학계 (78) 를 사용하여 광원계 (510) 로부터의 평행 빔의 단면 강도 분포를 변환함으로써, 미러 어레이 (80) 로부터 집광 광학계 (82) 의 동면 (입사동) (PP) 으로 입사하는 빔의 강도 분포를 변경하는 것이 가능하다. 또, 빔 단면 강도 변환 광학계 (78) 를 사용하여 광원계 (510) 로부터의 평행 빔의 단면 강도 분포를 변환함으로써, 실질적으로 집광 광학계 (82) 로부터 사출되는 빔의 집광 광학계 (82) 의 사출면에 있어서의 강도 분포를 변경할 수도 있다.

[0080] 또한, 빔 단면 강도 변환 광학계 (78) 는, 볼록형 원추 반사경과 오목형 원추 반사경의 조합에 한정되지 않고, 예를 들어 미국 특허출원공개 제2008/0030852호에 개시되는, 회절 광학 소자, 아포칼 렌즈, 및 원추 액시온계의 조합을 사용하여 구성해도 된다. 빔 단면 강도 변환 광학계 (78) 는, 빔의 단면 강도 분포를 변환하는 것이면 되고, 여러 가지 구성이 생각된다. 빔 단면 강도 변환 광학계 (78) 의 구성에 의해서는 광원계 (510) 로부터의 평행 빔을, 그 단면의 중심을 포함하는 영역에서의 강도를 거의 영이 아니라, 그 외측의 영역에서의 강도보다 작게 할 수도 있다.

[0081] 미러 어레이 (80) 는, 본 실시형태에서는, XY 평면 및 XZ 평면에 대해 45 도 ( $\pi/4$ ) 를 이루는 면 (이하, 편의상 기준면이라고 부른다) 을 일면에 갖는 베이스 부재 (80A) 와, 베이스 부재 (80A) 의 기준면 상에 예를 들어 P 행 Q 열의 매트릭스상으로 배치된 예를 들어 M (= P × Q) 개의 미러 소자 ( $81_{p,q}$ ) ( $p = 1 \sim P, q = 1 \sim Q$ ) 와, 각 미러 소자 ( $81_{p,q}$ ) 를 개별적으로 구동시키는 M 개의 액츄에이터 (도시 생략) 를 포함하는 구동부 (87) (도 4 에서는 도시 생략, 도 11 참조) 를 가지고 있다. 미러 어레이 (80) 는, 다수의 미러 소자 ( $81_{p,q}$ ) 의 기준면에 대한 기울기를 조정함으로써, 기준면과 평행한 큰 반사면을 실질적으로 형성 가능하다.

[0082] 미러 어레이 (80) 의 각 미러 소자 ( $81_{p,q}$ ) 는, 예를 들어 각 미러 소자 ( $81_{p,q}$ ) 의 일방의 대각선에 평행한 회전축 둘레로 회동 (回動) 가능하게 구성되고, 그 반사면의 기준면에 대한 경사 각도를 소정 각도 범위 내의 임의의 각도로 설정 가능하다. 각 미러 소자의 반사면의 각도는, 회전축의 회전 각도를 검출하는 센서, 예를 들어 로터리 인코더 ( $83_{p,q}$ ) (도 4 에서는 도시 생략, 도 11 참조) 에 의해 측정된다.

[0083] 구동부 (87) 는, 예를 들어 액츄에이터로서 전자석 혹은 보이스 코일 모터를 포함하고, 개개의 미러 소자 ( $81_{p,q}$ ) 는, 액츄에이터에 의해 구동되고 매우 고응답으로 동작한다.

[0084] 미러 어레이 (80) 를 구성하는 복수의 미러 소자 중, 광원계 (510) 로부터의 윤대상의 평행 빔에 의해 조명된 미러 소자 ( $81_{p,q}$ ) 의 각각은, 그 반사면의 경사 각도에 따른 방향으로 반사 빔 (평행 빔) 을 사출하여, 집광 광학계 (82) 에 입사시킨다 (도 6 참조). 또한, 본 실시형태에 있어서, 미러 어레이 (80) 를 사용하고 있는 이유 및 윤대상의 평행 빔을 미러 어레이 (80) 에 입사시키는 이유에 대해서는 후술하지만, 반드시 윤대상으로 할 필요는 없고, 미러 어레이 (80) 에 입사하는 평행 빔의 단면 형상 (단면 강도 분포) 을 윤대 형상과는 상이하게 해도 되고, 빔 단면 강도 변환 광학계 (78) 를 형성하지 않아도 된다.

[0085] 집광 광학계 (82) 는, 개구수 N.A. 가 예를 들어 0.5 이상, 바람직하게는 0.6 이상의 고 NA 이고, 저수차의 광학계이다. 집광 광학계 (82) 는, 대구경, 저수차 또한 고 NA 이기 때문에, 미러 어레이 (80) 로부터의 복수의 평행 빔을 후측 초점면 상에 집광할 수 있다. 자세한 것은 후술하지만, 빔 조사부 (520) 는, 집광 광학계 (82) 로부터 사출되는 빔을, 예를 들어, 스폿상 또는 슬릿상으로 집광할 수 있다. 또, 집광 광학계 (82) 는, 1 또는 복수장의 대구경의 렌즈에 의해 구성되므로 (도 4 등에서는 1 장의 대구경의 렌즈를 대표적으로 도시), 입사광의 면적을 크게 할 수 있고, 이로써, 개구수 N.A. 가 작은 집광 광학계를 사용하는 경우에 비해 보다 다량의 광 에너지를 도입할 수 있다. 따라서, 본 실시형태에 관련된 집광 광학계 (82) 에 의해 집광된 빔은, 매우 샤프하고 고에너지 밀도를 갖게 되고, 이것은 조형에 의한 부가 가공의 가공 정밀도를 높이는 것에 직결된다.

[0086] 본 실시형태에서는, 후술하는 바와 같이, 테이블 (12) 을 XY 평면에 평행한 주사 방향 (도 4 에서는, 일례로서 Y 축 방향) 으로 이동시킴으로써, 빔과 조형의 대상면 (TAS) 을 상단에 갖는 워크 (W) 를 주사 방향 (스캔 방향) 으로 상대 주사하면서 조형 (가공 처리) 을 실시하는 경우를 설명한다. 또한, 조형시에, 테이블 (12) 의 Y 축 방향으로의 이동 중에, X 축 방향, Z 축 방향,  $\theta_x$  방향,  $\theta_y$  방향, 및  $\theta_z$  방향 중 적어도 1 개의 방

향으로 테이블 (12) 을 이동해도 되는 것은 말할 필요도 없다. 또, 후술하는 바와 같이, 재료 처리부 (530) 에 의해 공급된 분말상의 조형 재료 (금속 재료) 를 레이저 빔의 에너지에 의해 용융시키게 되어 있다. 따라서, 전술한 바와 같이, 집광 광학계 (82) 가 도입하는 에너지의 총량이 커지면, 집광 광학계 (82) 로부터 사출되는 빔의 에너지가 커져, 단위 시간에 용해될 수 있는 금속의 양이 증가한다. 그 만큼, 조형 재료의 공급량과 테이블 (12) 의 속도를 높이면, 빔 조형 시스템 (500) 에 의한 조형 가공의 스루풋이 향상된다.

[0087] 그런데, 레이저의 총출력을 전술한 바와 같은 수법으로 크게 높일 수 있었다고 해도, 현실적으로는 테이블 (12) 의 스캔 동작을 무한으로 고속으로 할 수 없기 때문에, 그 레이저 파워를 완전히 활용할 뿐인 스루풋을 실현할 수는 없다. 이것을 해결하기 위해, 본 실시형태의 조형 장치 (100) 에서는, 후술하는 바와 같이, 스폿상의 빔의 조사 영역이 아니라, 슬릿상의 빔의 조사 영역 (이하, 1 문자 영역이라고 부른다 (도 9(B) 의 부호 (LS) 참조)) 을, 조형의 대상면 (TAS) 을 위치 맞추어야 할 면 (이하, 조형면이라고 부른다) (MP) (예를 들어 도 4 및 도 9(A) 참조) 상에 형성하고, 그 1 문자 영역 (LS) 을 형성하는 빔 (이하, 1 문자 빔이라고 부른다) 에 대해 그 길이 방향에 수직인 방향으로 워크 (W) 를 상대 주사하면서 조형 (가공 처리) 을 실시할 수 있다. 이로써, 스폿상의 빔으로 워크를 주사 (스캔) 하는 경우에 비해 현격히 넓은 면적 (예를 들어 수 배 내지 수십 배 정도의 면적) 을 단번에 처리할 수 있다. 또한, 후술하는 바와 같이, 본 실시형태에 있어서, 상기 서술한 조형면 (MP) 은, 집광 광학계 (82) 의 후측 초점면 (예를 들어 도 4 및 도 9(A) 참조) 이지만, 조형면은 후측 초점면 근방의 면이어도 된다. 또, 본 실시형태에 있어서, 조형면 (MP) 은, 집광 광학계 (82) 의 사출측의 광축 (AX) 에 수직이지만, 수직이 아니어도 된다.

[0088] 조형면 (MP) 상에 있어서의 빔의 강도 분포를 설정하거나, 혹은 변경하는 방법 (예를 들어, 상기 서술한 바와 같은 1 문자 영역을 형성하는 방법) 으로는, 예를 들어 집광 광학계 (82) 에 입사하는 복수의 평행 빔의 입사 각도 분포를 제어하는 수법을 채용할 수 있다. 본 실시형태의 집광 광학계 (82) 와 같이 평행광을 1 점에 집광하는 렌즈계는, 동면 (입사동) (PP) 에 있어서의 평행 빔 (LB) (예를 들어 도 4, 도 6 등 참조) 의 입사 각도로 후측 초점면 (집광면) 에서의 집광 위치가 정해진다. 여기서 입사 각도는, a. 집광 광학계 (82) 의 동면 (PP) 에 입사하는 평행 빔이 집광 광학계 (82) 의 광축 (AX) 과 평행한 축에 대해 이루는 각도 ( $\alpha$ ) ( $0 \leq \alpha < 90$  도 ( $\pi/2$ )) 와, b. 동면 상에 광축 (AX) 상의 점을 원점으로 하여, 광축 (AX) 에 직교하는 이차원 직교 좌표계 (X, Y) 를 설정했을 경우에 동면 (PP) 에 입사하는 평행 빔의 동면 (PP) (XY 좌표 평면) 에 대한 정사영의 이차원 직교 좌표계 (X, Y) 상에 있어서의 기준축 (예를 들어 X 축 ( $X \geq 0$ )) 에 대한 각도 ( $\beta$ ) ( $0 \leq \beta < 360$  도 ( $2\pi$ )) 으로부터 정해진다. 예를 들어, 집광 광학계 (82) 의 동면 (PP) 에 대해 수직으로 (광축에 평행하게) 입사한 빔은 광축 (AX) 상에, 집광 광학계 (82) 에 대해 (광축 (AX) 에 대해) 약간 경사진 빔은, 그 광축 (AX) 상으로부터 약간 어긋난 위치에 집광한다. 이 관계를 이용하여, 광원계 (510) 로부터의 평행 빔을 반사하여 집광 광학계 (82) 에 입사시킬 때, 집광 광학계 (82) 의 동면 (PP) 에 입사하는 복수의 평행 빔 (LB) 의 입사각 (입사 방향) 에 적절한 각도 분포를 부여함으로써, 조형면 (MP) 내에 있어서의 빔의 강도 분포, 예를 들어 조형면에 있어서의 조사 영역의 위치, 수, 크기 및 형상 중 적어도 하나를 임의로 변경할 수 있다. 따라서, 예를 들어 1 문자 영역, 3 열 영역, 결손 1 문자 영역 등 (도 10 참조) 도 당연히 용이하게 형성할 수 있고, 스폿상의 조사 영역을 형성하는 것도 용이하다.

[0089] 또한, 본 실시형태의 집광 광학계 (82) 는, 그 동면 (입사동) (PP) 과 전측 초점면이 일치하는 구성으로 되어 있기 때문에, 미러 어레이 (80) 를 사용한 복수의 평행 빔 (LB) 의 입사 각도의 변경에 의해, 그 복수의 평행 빔 (LB) 의 집광 위치를 정확하게, 간편하게 제어할 수 있지만, 집광 광학계 (82) 의 동면 (입사동) 과 전측 초점면이 일치하는 구성이 아니어도 된다.

[0090] 또, 조형면에 형성되는 조사 영역의 형상 및 크기를 가변으로 하지 않는 것이면, 원하는 형상의 솔리드한 미러를 사용하여, 집광 광학계 (82) 의 동면에 입사하는 1 개의 평행 빔의 입사 각도를 제어하여, 조사 영역의 위치를 변경할 수도 있다.

[0091] 그런데, 워크에 대한 부가 가공 (조형) 을 실시하는 경우, 그 조형의 목표 부위가 설정되는 대상면의 영역이 항상 평탄한 면이라고는 단정할 수 없다. 즉, 1 문자 빔의 상대 주사가 가능하다고는 단정할 수 없다. 워크의 윤곽 예지 근방, 혹은 중실 (中室) 영역과 중공 영역의 경계 부근의 장소에서는, 경계는 비스듬하게 되어 있거나, 좁아져 있거나, R 이 붙어 있거나 하여, 1 문자 빔의 상대 주사의 적용은 곤란하다. 예를 들어 말하면, 폭이 넓은 브러시로는, 이와 같은 장소를 전부 칠하는 것은 곤란하기 때문에, 그에 따른 폭이 좁은 브러시나, 가는 연필이 필요하므로, 말하자면, 실시간 또한 연속적으로, 자유롭게 브러시와 가는 연필을 구분하여 사용할 수 있도록 하고 싶다. 이와 동일하게, 워크의 윤곽 예지 근방, 혹은 중실 영역과 중공 영역의 경계 부근의 장소에서는, 빔의 조사 영역의 스캔 방향 (상대 이동 방향) 의 폭을 변경하거나, 조사 영역의 크기 (예

를 들어 1 문자 빔의 길이), 개수 또는 위치 (빔의 조사점의 위치) 를 변화시키고자 하는 요구가 발생한다.

[0092] 그래서, 본 실시형태에서는, 미러 어레이 (80) 를 채용하여, 제어 장치 (600) 가, 각 미러 소자 (81<sub>p,q</sub>) 를 매우 고응답으로 동작시킴으로써, 집광 광학계 (82) 의 동면 (PP) 에 입사하는 복수의 평행 빔 (LB) 의 입사 각도를 각각 제어한다. 이로써, 조형면 (MP) 상에 있어서의 빔의 강도 분포를 설정 또는 변경한다. 이 경우, 제어 장치 (600) 는, 빔과 대상면 (TAS) (조형의 목표 부위 (TA) 가 설정되는 면이고, 본 실시형태에서는 워크 (W) 상의 면이다) 의 상대 이동 중에 조형면 (MP) 상에 있어서의 빔의 강도 분포, 예를 들어 빔의 조사 영역의 형상, 크기, 개수의 적어도 1 개를 변화시키는 것이 가능해진다. 이 경우에 있어서, 제어 장치 (600) 는, 조형면 (MP) 상에 있어서의 빔의 강도 분포를 연속적, 혹은 단속적으로 변경할 수 있다. 예를 들어, 빔과 대상면 (TAS) 의 상대 이동 중에 1 문자 영역의 상대 이동 방향의 폭을 연속적, 혹은 단속적으로 변화시키는 것도 가능하다. 제어 장치 (600) 는, 빔과 대상면 (TAS) 의 상대 위치에 따라 조형면 (MP) 상에 있어서의 빔의 강도 분포를 변화시킬 수도 있다. 제어 장치 (600) 는, 요구되는 조형 정밀도와 스트루투에 따라, 조형면 (MP) 에 있어서의 빔의 강도 분포를 변화시킬 수도 있다.

[0093] 또, 본 실시형태에서는, 제어 장치 (600) 가, 전술한 로터리 인코더 (83<sub>p,q</sub>) 를 사용하여, 각 미러 소자의 상태 (여기서는 반사면의 경사 각도) 를 검출하고, 이로써 각 미러 소자의 상태를 실시간으로 모니터링하고 있으므로, 미러 어레이 (80) 의 각 미러 소자의 반사면의 경사 각도를 정확하게 제어할 수 있다.

[0094] 재료 처리부 (530) 는, 도 7 에 나타내는 바와 같이, 집광 광학계 (82) 의 사출면의 하방에 형성된 노즐 부재 (이하, 노즐이라고 약기한다) (84a) 를 갖는 노즐 유닛 (84) 과, 노즐 유닛 (84) 에 배관 (90a) 을 개재하여 접속된 재료 공급 장치 (86) 와, 재료 공급 장치 (86) 에 배관을 개재하여 각각 접속된 복수, 예를 들어 2 개의 분말 카트리지 (88A, 88B) 를 가지고 있다. 도 7 에는, 도 4 의 집광 광학계 (82) 보다 하방의 부분이 -Y 방향에서 보아 나타나 있다.

[0095] 노즐 유닛 (84) 은, 집광 광학계 (82) 의 하방에서 X 축 방향으로 연장되고, 조형 재료의 분말을 공급하는 적어도 1 개의 공급구를 갖는 노즐 (84a) 과, 노즐 (84a) 의 길이 방향의 양단부를 지지함과 함께, 각각의 상단부가 집광 광학계 (82) 의 케이싱에 접속된 1 쌍의 지지 부재 (84b, 84c) 를 구비하고 있다. 일방의 지지 부재 (84b) 에는, 배관 (90a) 을 개재하여 재료 공급 장치 (86) 의 일단 (하단) 이 접속되어 있고, 내부에 배관 (90a) 과 노즐 (84a) 을 연통하는 공급로가 형성되어 있다. 본 실시형태에 있어서, 노즐 (84a) 은, 집광 광학계 (82) 의 광축의 바로 밑에 배치되어 있고, 하면 (저면) 에는, 후술하는 복수의 공급구가 형성되어 있다. 또한, 노즐 (84a) 은, 반드시 집광 광학계 (82) 의 광축 상에 배치할 필요는 없고, 광축에서 Y 축 방향의 일측으로 약간 어긋난 위치에 배치되어도 된다.

[0096] 재료 공급 장치 (86) 의 타단 (상단) 에는, 재료 공급 장치 (86) 로의 공급로로서의 배관 (90b, 90c) 이 접속되고, 배관 (90b, 90c) 을 각각 개재하여 재료 공급 장치 (86) 에 분말 카트리지 (88A, 88B) 가 접속되어 있다. 일방의 분말 카트리지 (88A) 에는, 제 1 조형 재료 (예를 들어 티탄) 의 분말이 수용되어 있다. 또, 타방의 분말 카트리지 (88B) 에는, 제 2 조형 재료 (예를 들어 스테인리스) 의 분말이 수용되어 있다.

[0097] 또한, 본 실시형태에서는, 조형 장치 (100) 는, 2 종류의 조형 재료를 재료 공급 장치 (86) 에 공급하기 위해서 2 개의 분말 카트리지를 구비하고 있지만, 조형 장치 (100) 가 구비하는 분말 카트리지는 1 개이어도 된다.

[0098] 분말 카트리지 (88A, 88B) 로부터 재료 공급 장치 (86) 로의 분말의 공급은, 분말 카트리지 (88A, 88B) 의 각각에 재료 공급 장치 (86) 에 분말을 강제적으로 공급시키는 기능을 갖게 해도 되지만, 본 실시형태에서는, 재료 공급 장치 (86) 에, 배관 (90b, 90c) 의 전환의 기능과 함께, 분말 카트리지 (88A, 88B) 중 어느 일방으로부터 진공을 이용하여 분말을 흡인하는 기능도 갖게 하고 있다. 재료 공급 장치 (86) 는, 제어 장치 (600) 에 접속되어 있다 (도 11 참조). 조형시에, 제어 장치 (600) 에 의해, 재료 공급 장치 (86) 를 사용하여 배관 (90b, 90c) 의 전환이 실시되고, 분말 카트리지 (88A) 로부터의 제 1 조형 재료 (예를 들어 티탄) 의 분말과 분말 카트리지 (88B) 로부터의 제 2 조형 재료 (예를 들어 스테인리스) 의 분말이 택일적으로 재료 공급 장치 (86) 에 공급되고, 재료 공급 장치 (86) 로부터 배관 (90a) 을 통해서 어느 일방의 조형 재료의 분말이 노즐 (84a) 에 공급된다. 또한, 재료 공급 장치 (86) 의 구성을 변경함으로써, 필요한 경우에 분말 카트리지 (88A) 로부터의 제 1 조형 재료와 분말 카트리지 (88B) 로부터의 제 2 조형 재료를 동시에 재료 공급 장치 (86) 에 공급하고, 2 개의 조형 재료의 혼합물을 배관 (90a) 을 통해서 노즐 (84a) 에 공급할 수 있는 구성으로 해도 된다. 또한, 분말 카트리지 (88A) 에 접속 가능한 노즐과 분말 카트리지 (88B) 에 접속 가능한 다른 노즐을, 집광 광학계 (82) 의 하방에 형성하고, 조형시에, 어느 일방의 노즐로부터 분말을 공급, 또는 양방의

노즐로부터 분말을 공급해도 된다.

- [0099] 또, 제어 장치 (600) 는, 분말 카트리지 (88A, 88B) 로부터 재료 공급 장치 (86) 를 통해서 노즐 (84a) 에 공급되는 조형 재료의 단위 시간당 공급량을 조정 가능하다. 예를 들어, 분말 카트리지 (88A, 88B) 의 적어도 일방으로부터 재료 공급 장치 (86) 에 공급되는 분말의 양을 조정함으로써, 재료 공급 장치 (86) 를 통해서 노즐 (84a) 에 공급되는 조형 재료의 단위 시간당 공급량을 조정 가능하다. 예를 들어, 분말 카트리지 (88A, 88B) 로부터의 재료 공급 장치 (86) 로의 분말의 공급에 이용되고 있는 진공의 레벨을 조정함으로써, 노즐 (84a) 에 공급되는 조형 재료의 단위 시간당 공급량을 조정 가능하다. 혹은, 재료 공급 장치 (86) 로부터 배관 (90a) 으로 공급되는 분말의 양을 조정하는 밸브를 형성하여, 노즐 (84a) 에 공급되는 조형 재료의 단위 시간당 공급량을 조정할 수도 있다.
- [0100] 여기서, 도 7 에서는 도시하지 않았지만, 실제로는, 노즐 (84a) 의 하면 (저면) 에는, 도 8 에 나타내는 바와 같이, 복수, 예를 들어 N 개의 공급구 (91<sub>i</sub>) (i = 1 ~ N) 가 X 축 방향으로 등간격으로 형성되고, 각 공급구 (91<sub>i</sub>) 가 개폐 부재 (93<sub>i</sub>) 에 의해 개별적으로 개폐할 수 있게 되어 있다. 또한, 도 8 에서는, 도시의 편의 상에서, 공급구 (91<sub>i</sub>) 는, 일례로서 12 개 도시되고, 또한 공급구와 개폐 부재의 관계를 알 수 있도록 양자가 도시되어 있다. 그러나, 실제로는, 12 개보다 많은 수의 공급구가 형성되어 있고, 또한 인접하는 공급구간의 구분 부분은 보다 좁아져 있다. 단, 공급구가 노즐 (84a) 의 길이 방향의 거의 전체 길이에 걸쳐 배치되어 있으면, 공급구의 수는 몇 개이어도 된다. 예를 들어, 공급구는, 노즐 (84a) 의 길이 방향의 거의 전체 길이에 걸친 1 개의 슬릿상의 개구이어도 된다.
- [0101] 개폐 부재 (93<sub>i</sub>) 는, 도 8 중에 k 번째의 개폐 부재 (93<sub>k</sub>) 에 대해 화살표를 부여하여 대표적으로 나타내는 바와 같이, +Y 방향 및 -Y 방향으로 슬라이드 구동 가능하고, 공급구 (91<sub>i</sub>) 를 개폐한다. 개폐 부재 (93<sub>i</sub>) 는, 슬라이드 구동에 한정되지 않고, 일단부를 중심으로 하여 틸트 방향으로 회동 가능하게 구성되어 있어도 된다.
- [0102] 각 개폐 부재 (93<sub>i</sub>) 는, 제어 장치 (600) 에 의해 도시 생략된 액츄에이터를 개재하여 구동 제어된다. 제어 장치 (600) 는, 조형면 상에 있어서의 빔의 강도 분포, 예를 들어 조형면 상에 형성되는 빔의 조사 영역의 형상, 크기, 배치 등의 설정 (또는 변경) 에 따라 복수, 예를 들어 N 개의 공급구 (91<sub>i</sub>) 의 각각을 각 개폐 부재 (93<sub>i</sub>) 를 사용하여 개폐 제어한다. 이로써, 재료 처리부 (530) 에 의한 조형 재료의 공급 동작이 제어된다. 이 경우, 제어 장치 (600) 에 의해, 복수의 공급구 (91<sub>i</sub>) 중 적어도 1 개의 공급구가 선택되고, 그 선택된 적어도 1 개의 공급구를 폐쇄하고 있는 개폐 부재 (93<sub>i</sub>) 만이 개방 제어, 예를 들어 -Y 방향으로 구동된다. 따라서, 본 실시형태에서는, 복수, 예를 들어 N 개의 공급구 (91<sub>i</sub>) 중 일부만으로 조형 재료를 공급 가능하다.
- [0103] 또, 제어 장치 (600) 는, 전술한 재료 공급 장치 (86) 를 통해서 노즐 (84a) 에 공급되는 조형 재료의 단위 시간당 공급량 제어와, 임의의 개폐 부재 (93<sub>i</sub>) 를 사용한 개폐 제어의 적어도 일방에 의해, 그 개폐 부재 (93<sub>i</sub>) 로 개폐되는 공급구 (91<sub>i</sub>) 로부터의 조형 재료의 단위 시간당 공급량을 조정할 수도 있다. 제어 장치 (600) 는, 조형면 상에 있어서의 빔의 강도 분포, 예를 들어 조형면 상에 형성되는 빔의 조사 영역의 형상, 크기, 배치 등의 설정 (또는 변경) 에 따라 임의의 공급구 (91<sub>i</sub>) 로부터의 조형 재료의 단위 시간당 공급량을 결정한다. 제어 장치 (600) 는, 예를 들어 전술한 1 문자 영역의 스캔 방향의 폭에 기초하여, 각각의 공급구 (91<sub>i</sub>) 로부터의 단위 시간당 공급량을 결정한다.
- [0104] 또한, 각 개폐 부재 (93<sub>i</sub>) 에 의해, 각 공급구 (91<sub>i</sub>) 의 개도를 조정 가능하게 구성해도 된다. 이 경우에는, 제어 장치 (600) 는, 예를 들어 전술한 1 문자 영역의 스캔 방향의 폭에 따라 각 개폐 부재 (93<sub>i</sub>) 에 의한 각 공급구의 개도를 조정하는 것으로 해도 된다.
- [0105] 이 밖에, 조형 재료의 분말을 공급하는 적어도 1 개의 공급구가 가동이어도 된다. 예를 들어 노즐 (84a) 의 하면에 X 축 방향으로 연장되는 슬릿상의 공급구를 1 개 형성하고, 노즐 (84a) 을, 1 쌍의 지지 부재 (84b, 84c) 에 대해, 예를 들어, X 축 방향과 Y 축 방향 중 적어도 일방으로 이동 가능한 구성으로 하고, 제어 장치 (600) 가, 조형면 상에 있어서의 빔의 강도 분포의 변경, 즉 빔의 조사 영역의 형상, 크기, 위치의 변경에 따라, 하면에 공급구가 형성된 노즐 (84a) 을 이동해도 된다. 또한, 노즐 (84a) 을 Z 축 방향으로 가동으로

해도 된다.

- [0106] 혹은 노즐 (84a) 을, 본체부와, 그 본체부에 대해 예를 들어 XY 평면 내에서 X 축 방향과 Y 축 방향 중 적어도 일방으로 이동 가능하고 그 저면에 공급구가 형성된 적어도 2 개의 가동 부재로 구성하고, 가동 부재의 적어도 일부를, 제어 장치 (600) 가 조형면 상에 있어서의 빔의 강도 분포의 변경에 따라 이동해도 된다. 이 경우 도, 가동 부재의 적어도 일부가 Z 축 방향으로 이동이어도 된다.
- [0107] 또, 복수의 공급구 중 1 개의 공급구와 다른 공급구가 상대적으로 이동 가능한 구성으로 해도 된다. 혹은, 예를 들어, 상기 1 개의 공급구의 Y 축 방향의 위치와 상기 다른 1 개의 공급구의 Y 축 방향의 위치가 상이해도 된다. 혹은 상기 1 개의 공급구의 Z 축 방향의 위치와 상기 다른 1 개의 공급구의 Z 축 방향의 위치가 상이 해도 된다.
- [0108] 또한, 적어도 1 개의 공급구의 이동은, 빔의 강도 분포의 설정 또는 변경에 맞춰 실시할 뿐만 아니라, 다른 목적으로 움직여도 된다.
- [0109] 전술한 바와 같이, 노즐 (84a) 에 형성된 복수의 공급구 (91<sub>i</sub>) 는, 집광 광학계 (82) 의 광축에 직교하고 X 축 방향으로 노즐 (84a) 의 전체 길이에 걸쳐 등간격으로 배치되고 또한 인접하는 공급구 (91<sub>i</sub>) 끼리의 사이에는 약간의 간극밖에 없다. 이 때문에, 도 9(A) 중의 검은 화살표로 나타내는 바와 같이, 노즐 (84a) 의 복수의 공급구 (91<sub>i</sub>) 의 각각으로부터 분말상의 조형 재료 (PD) 를 집광 광학계 (82) 의 광축 (AX) 에 평행한 Z 축 방향을 따라 바로 밑에 공급하면, 집광 광학계 (82) 의 광축 (AX) 의 바로 밑의 전술한 1 문자 영역 (LS) (1 문자 빔의 조사 영역) 에 그 조형 재료 (PD) 가 공급되게 된다. 이 경우, 노즐 (84a) 로부터의 조형 재료 (PD) 의 공급은, 조형 재료 (PD) 의 자중을 이용하거나, 혹은 약간의 분출 압력을 가한 분출에 의해 실시할 수 있다. 따라서, 조형의 대상면에 대해 경사진 방향에서 조형 재료를 공급하는 경우와 같은 조형 재료의 공급을 가이드하는 가스류의 발생 기구 등의 복잡한 기구가 필요하지 않다. 또, 본 실시형태와 같이 워크에 대해 지근 거리에서 수직으로 조형 재료를 공급할 수 있는 것은, 조형에 있어서의 가공 정밀도를 확보하는 데에 있어서 매우 유리하다.
- [0110] 또한, 노즐 (84a) 에 가스 공급구를 형성해도 된다. 가스 공급구로부터 공급되는 가스는, 조형 재료의 공급을 가이드하기 위해 흘러도 되고, 다른 목적, 예를 들어 조형에 기여하는 가스를 흘러도 된다.
- [0111] 본 실시형태에서는, 운대상의 평행 빔이 미리 어레이 (80) 에 조사되므로, 미리 어레이 (80) 로부터의 반사 빔은, 집광 광학계 (82) 의 둘레 가장자리 근방의 부분 영역 (N.A. 가 큰 부분 영역) 에 입사하고, 집광 광학계 (82) 의 사출단, 즉 빔 조사부 (520) 의 사출단에 위치하는 종단 렌즈의 광축으로부터 떨어진 둘레 가장자리부의 영역을 통해서 집광 광학계 (82) 의 조형면 (MP) (본 실시형태에서는 집광 광학계 (82) 의 후측 초점면에 일치) 에 집광된다 (도 4 참조). 즉, 동일한 집광 광학계 (82) 의 둘레 가장자리 근방의 부분을 지나는 광에 의해서만, 예를 들어 1 문자 빔이 형성된다. 이 때문에, 다른 광학계를 통한 광을 동일 영역에 집광하여 빔 스폿 (레이저 스폿) 을 형성하는 경우에 비해, 고품질의 빔 스폿의 형성이 가능하다. 또, 본 실시형태에서는, 집광 광학계 (82) 의 사출면 (하단면) 의 중앙 하방에 형성한 노즐 (84a) 에 대한 빔의 조사를 제한할 수 있다. 이 때문에, 본 실시형태에서는, 미리 어레이 (80) 로부터의 반사 빔을 모두 스폿의 형성에 이용하는 것이 가능하게 됨과 함께, 집광 광학계 (82) 의 입사면측의 노즐 (84a) 에 대응하는 부분에 빔이 노즐 (84a) 에 조사되는 것을 제한하기 위한 차광 부재 등을 형성할 필요가 없어진다. 이러한 이유에 의해, 운대상의 평행 빔에 의해 미리 어레이 (80) 를 조명하는 것으로 하고 있는 것이다.
- [0112] 또한, 집광 광학계 (82) 의 사출단에 위치하는 광학 부재는, 적어도 그 사출측의 면의 광축으로부터 떨어진 영역에 광학면이 형성되고, 그 광학면을 통해서 조형면 (후측 초점면) 에 빔을 집광할 수 있으면 된다. 따라서, 이 광학 부재는, 광축을 포함하는 영역에서는 사출면과 입사면의 적어도 일방이, 집광 광학계 (82) 의 광축에 수직인 평면이어도 되고, 혹은 광축을 포함하는 영역에 구멍이 형성되어 있어도 된다. 광축을 포함하는 중앙부의 영역에 구멍이 뚫린 도너츠상의 집광 렌즈에 의해 집광 광학계 (82) 의 사출단에 위치하는 광학 부재를 구성해도 된다.
- [0113] 또한, 집광 광학계 (82) 로부터 노즐 (84a) 로 입사하는 빔을 제한하기 위해, 예를 들어 도 7 에 2 점 쇄선으로 나타내는 제한 부재 (85) 를 집광 광학계 (82) 의 입사면측 (예를 들어 동면 (PP)) 에 형성해도 된다. 제한 부재 (85) 에 의해, 집광 광학계 (82) 로부터의 빔의 노즐 (84a) 로의 입사를 제한한다. 제한 부재 (85) 로는, 차광 부재를 사용해도 되지만, 감광 필터 등을 사용해도 된다. 이러한 경우에 있어서, 집광 광학계 (82) 에 입사하는 평행 빔은, 단면 원형의 평행 빔이어도 되고, 운대상의 평행 빔이어도 된다. 후자에서는,

빔이 제한 부재 (85) 에 조사되는 일이 없기 때문에, 미러 어레이 (80) 로부터의 반사 빔을 모두 스폿의 형성에 이용하는 것이 가능해진다.

[0114] 또한, 집광 광학계 (82) 로부터 노즐 (84a) 로 입사하는 빔을 반드시 완전히 차광할 필요는 없지만, 집광 광학계 (82) 로부터의 빔이 노즐 (84a) 로 입사하는 것을 방지하기 위해서, 집광 광학계 (82) 의 중단 렌즈의 사출면의, Y 축 방향에 관해 광축의 양측이 분리된 둘레 가장자리부 영역 (예를 들어 2 개의 원호 영역) 에서만 빔을 사출하도록 해도 된다.

[0115] 워터 샤워 노즐 (540) (도 11 참조) 은, 이른바 퀴칭시에 사용된다. 워터 샤워 노즐 (540) 은, 냉각액 (냉각수) 을 공급하는 공급구를 갖고, 냉각액을 냉각 대상물에 분사하는 것이다. 워터 샤워 노즐 (540) 은, 제어 장치 (600) 에 접속되어 있다 (도 11 참조). 제어 장치 (600) 는, 퀴칭시에, 광원 유닛 (60) 을 제어하여 빔 조사부 (520) 로부터의 빔의 열에너지를 퀴칭에 적절한 값으로 조절한다. 그리고, 제어 장치 (600) 는, 워크의 표면에 빔을 조사하여 고온으로 한 후, 워터 샤워 노즐 (540) 을 통해서 냉각액을 그 고온부에 분사하여 급랭시킴으로써, 퀴칭을 실시할 수 있다. 이 경우, 삼차원 조형에 의한 워크에 대한 부가 가공과 동시에 퀴칭 공정을 실시하는 것도 가능하다. 또한, 부가 가공과 동시에 퀴칭 공정을 실시하는 경우, 조형 재료로서, 퀴칭성이 양호한 금속을 사용하는 것이 바람직하다.

[0116] 본 실시형태에서는, 워크에 대한 부가 가공시 등에는, 도 4 및 도 4 의 원 A 내를 확대하여 나타내는 도 9(A) 에 나타내는 바와 같이, 집광 광학계 (82) 의 둘레 가장자리부 근방을 통과하여 노즐 (84a) 의 +Y 축 및 -Y 축 (워크 (W) (테이블 (12)) 의 스캔 방향의 전방 및 후방) 의 광로를 지나는 빔 (도 9(A) 에 편의상 빔 (LB<sub>1</sub>, LB<sub>2</sub>) 으로서 나타내고 있다) 이 노즐 (84a) 의 바로 밑에 집광되고, X 축 방향 (도 9(A) 에 있어서의 지면 직교 방향) 을 길이 방향으로 하는 1 문자 영역 (LS) 이 조형면 상에 형성되고 (도 9(B) 참조), 그 1 문자 영역 (LS) 을 형성하는 1 문자 빔에 대해 노즐 (84a) 의 복수의 공급구 (91<sub>i</sub>) 를 통해서 분말상의 조형 재료 (PD) 가 집광 광학계 (82) 의 광축 (AX) 과 평행한 Z 축을 따라 (광축 (AX) 을 포함하는 XZ 면을 따라) 공급된다. 이로써, 노즐 (84a) 의 바로 밑에 X 축 방향으로 연장되는 선상의 용융지 (溶融池) (WP) 가 형성된다. 그리고, 이러한 용융지 (WP) 의 형성이 테이블 (12) 을 스캔 방향 (도 9(A) 에서는 +Y 방향) 으로 주사하면서 실시된다. 이로써, 1 문자 빔 (용융지 (WP)) 의 길이 방향 (X 축 방향) 의 길이에 걸친 소정폭의 비드 (용융 응고된 금속) (BE) 를 형성하는 것이 가능하다.

[0117] 이 경우에 있어서, 예를 들어 집광 광학계 (82) 에 입사하는 평행 빔 (LB) 의 수를 줄이지 않고, 1 문자 빔의 X 축 방향의 폭, 또는 Y 축 방향의 폭, 또는 양방이 서서히 좁아지도록, 집광 광학계 (82) 에 입사하는 복수의 평행 빔 (LB) 의 입사 각도의 조절을 실시했을 경우, 빔의 집광 밀도 (에너지 밀도) 가 높아진다. 따라서, 그에 따라, 단위 시간당 분말 (조형 재료) 의 공급량을 늘리고, 또한 대상면 (TAS) 의 상대 이동 속도를 높임으로서, 형성되는 비드 (BE) 의 층의 두께를 일정하게 유지함과 함께, 스루풋을 높은 레벨로 유지하는 것이 가능해진다. 단, 이러한 조정 방법에 한정되지 않고, 다른 조정 방법을 사용하여, 형성되는 비드 (BE) 의 층의 두께를 일정하게 유지할 수도 있다. 예를 들어, 1 문자 빔의 X 축 방향의 폭, 또는 Y 축 방향의 폭, 또는 양방의 폭에 따라 복수의 레이저 유닛 (70) 중 적어도 1 개의 레이저 출력 (레이저 빔의 에너지량) 을 조절해도 되고, 미러 어레이 (80) 로부터 집광 광학계 (82) 로 입사하는 평행 빔 (LB) 의 수를 변경해도 된다. 이 경우, 상기 서술한 조정 방법에 비해, 스루풋은 약간 저하되지만, 조정이 간편하다.

[0118] 본 실시형태에 관련된 조형 장치 (100) 에는, 집광 광학계 (82) 로부터의 빔을 받아 계측 처리를 실시하는 계측 장치 (110) 가 형성되어 있다. 예를 들어, 계측 장치 (110) 는, 집광 광학계 (82) 로부터의 빔을 수광하여, 빔의 광학 특성 등을 계측 가능하다. 본 실시형태에서는, 계측 장치 (110) 는, 빔의 강도 분포를 관리하기 위해서 사용된다. 본 실시형태에서는, 계측 장치 (110) 는, 집광 광학계 (82) 의 후측 초점면 (본 실시형태에서는 조형면 (MP) 과 일치) 에 있어서의 빔의 강도 분포와, 집광 광학계 (82) 의 동면 (PP) (본 실시형태는 전측 초점면과 일치) 에 있어서의 빔의 강도 분포를 계측한다.

[0119] 계측 장치 (110) 는, 도 12 에 나타내는 바와 같이, 테이블 (12) 의 상면의 일부를 구성하는 계측 부재 (92) 와, 테이블 (12) 의 내부에 수용된 나머지 구성 부분을 가지고 있다.

[0120] 도 13 에는, 계측 장치 (110) 의 일부이고, 테이블 (12) 내부에 배치된 구성 부분이 계측 부재 (92) 와 함께 사시도로 나타나 있다. 도 13 에 나타내는 바와 같이, 계측 장치 (110) 는, 계측 부재 (92) 와, 제 1 광학계 (94) 와, 광학계 유닛 (95) 과, 수광기 (96) 를 구비하고 있다.

[0121] 계측 부재 (92) 는, 상면이 테이블 (12) 의 나머지 부분과 면일 (面一) (동일면) 이 되는 상태에서, 테이블

(12)의 상면에 형성된 원형 개구 내에 배치되어 있다. 계측 부재 (92)는, 집광 광학계 (82)로부터의 빔을 투과 가능한, 예를 들어 석영 등으로 형성된 기재를 갖고, 그 기재의 표면에는, 크롬 등의 금속의 증착에 의해 반사막을 겸하는 차광막이 형성되어 있고, 그 차광막의 중앙부에 원형의 개구 (92a)가 형성되어 있다. 따라서, 계측 부재 (92)의 상면은, 차광막의 표면과 개구 (92a)내의 기재 표면을 포함한다. 또한, 차광막은 매우 얇게 형성되어 있고, 이하의 설명에서는, 차광막의 표면과 개구 (92a)내의 기재 표면은 동일면 내에 위치하는 것으로 간주하여 설명한다. 또, 차광막을 형성하지 않아도 되지만, 차광막을 형성함으로써, 계측 시에, 플레어 등의 영향을 억제하는 효과를 기대할 수 있다.

[0122] 제 1 광학계 (94)는, 계측 부재 (92)의 하방에 배치되어 있다. 계측 부재 (92)의 개구 (92a)를 통한 빔은, 제 1 광학계 (94)에 입사한다. 또한, 본 실시형태에 있어서, 제 1 광학계 (94)는 콜리메이터 광학계이지만, 콜리메이터 광학계가 아니어도 된다.

[0123] 광학계 유닛 (95)은, 중심에 회전축 (101a)이 형성된 원형의 회전판 (101)을 가지고 있다. 회전판 (101)에는, 회전축 (101a)을 중심으로 하여 소정 각도 간격으로 개구부 (97)와 렌즈 (제 2 광학계) (98)가 배치되어 있다. 회전축 (101a)의 회전, 즉 회전판 (101)의 회전에 의해, 개구부 (97)와 렌즈 (98)중 어느 것을, 제 1 광학계 (94)를 통한 광의 광로 상 (광축 (AX1)에 대응하는 위치)에 선택적으로 배치 가능하게 되어 있다. 회전축 (101a)의 회전은, 제어 장치 (600)의 지시하, 구동 장치 (102) (도 13에서는 도시 생략, 도 11 참조)에 의해 실시된다.

[0124] 개구부 (97)는, 제 1 광학계 (94)로부터 사출된 평행광을 그대로 통과시킨다. 이 개구부 (97)를, 집광 광학계 (82)를 통한 빔의 광로 상에 배치함과 함께, 제 1 광학계 (94), 또는 제 1 광학계 (94)를 구성하는 적어도 1개의 광학 소자를 움직임으로써, 수광기 (96)에서는, 집광 광학계 (82)의 동면 (입사동) (PP) (본 실시형태에서는 전측 초점면에 일치)에 있어서의 빔의 강도 분포를 계측하는 것이 가능해진다. 또한, 계측 장치 (110)는, 집광 광학계 (82)의 동면 (입사동) (PP)의 강도 분포를 계측할 수 없어도 된다. 이 경우, 렌즈 (98)는 고정이어도 된다.

[0125] 렌즈 (98)는, 제 1 광학계 (94)와 함께 릴레이 광학계를 구성하고, 개구 (92a)가 형성된 계측 부재 (92)의 상면과 수광기 (96)의 수광 소자 (후술)의 수광면을 광학적으로 공액으로 한다.

[0126] 수광기 (96)는, 2차원 CCD 등으로 이루어지는 수광 소자 (이하, 「CCD」라고 부른다) (96a)와, 예를 들어 전하 전송 제어 회로 등의 전기 회로 (96b)를 가지고 있다. 또한, 수광 소자 (96a)로서 CMOS 이미지 센서를 사용해도 되는 것은 말할 필요도 없다. 수광기 (96)의 수광 결과 (수광 데이터)는 제어 장치 (600)에 출력된다 (도 11 참조). CCD (96a)는, 개구 (92a)를 통해서 제 1 광학계 (94)에 입사하고, 제 1 광학계 (94)로부터 사출되어 개구부 (97)를 통과하는 평행광 모두를 수광하는 데에 충분한 면적을 가지고 있다. 또, CCD (96a)의 수광면은, 제 1 광학계 (94)와 렌즈 (98)에 의해 구성되는 릴레이 광학계에 의해 계측 부재 (92)의 상면 (개구 (92a)의 형성면)과 광학적으로 공액이다. 또, CCD (96a)의 각 화소는, 상기 서술한 릴레이 광학계를 통해서 수축되는 빔의 조사 영역 내에 복수의 화소가 포함되는 사이즈를 가지고 있다. CCD (96a)에는, 1개 또는 복수의 기준 화소가 정해져 있고, 그 기준 화소와 테이블 (12)의 기준점, 예를 들어 중심점의 위치 관계는 이미 알려진 바와 같다. 따라서, 제어 장치 (600)는, 수광기 (96)의 출력으로부터, CCD (96a)에 입사하는 빔과 기준 화소의 위치 관계를 알 수 있고, 테이블 좌표계 내에 있어서의 빔의 위치 정보 (예를 들어, 빔의 집광 위치 정보)를 취득할 수 있다.

[0127] 또한, CCD (96a)의 수광면은, 계측 부재 (92)의 상면 (기재 표면)이 집광 광학계 (82)의 후측 초점면 (조형면 (MP))에 일치하고, 또한 개구부 (97)가, 개구 (92a) 및 제 1 광학계 (94)를 통한 빔의 광로 상에 배치되어 있는 상태에서는, 집광 광학계 (82)의 동면과 공액이다.

[0128] 또, 개구부 (97)대신에, 광학계 (광학 부재)를 회전판 (101)에 배치하여, CCD (96a)의 수광면과 집광 광학계 (82)의 동면을 공액으로 해도 된다. 또, 계측시에, 계측 부재 (92)의 상면을 집광 광학계 (82)의 후측 초점면으로부터 광축 (AX) 방향으로 어긋나게 한 위치에 배치해도 된다.

[0129] 또, 광학계 유닛 (95)은, 상기 서술한 것에 한정되지 않는다. 예를 들어, 회전판 (101)을 사용하지 않고, 예를 들어 가동 부재로 렌즈 (98)를 유지하고, 그 가동 부재를 광축에 수직 방향으로 (예를 들어 X축 방향을 따라) 이동함으로써 렌즈 (98)를 삽탈 (挿脱)해도 된다.

[0130] 상기 서술한 설명으로부터 분명한 바와 같이, 본 실시형태에서는, 계측 부재 (92)를 포함하는 계측 장치 (110)가 6자유도 방향으로 자유롭게 이동 가능한 테이블 (12)에 형성되어 있으므로, 계측 장치 (110)의 수광부로

서 기능하는 계측 부재 (92) 는, 집광 광학계 (82) 의 사출면측의 광축 (AX) 에 평행한 Z 축 방향, 광축 (AX) 에 수직인 X 축, Y 축 방향 중 적어도 일방향으로 이동하면서, 집광 광학계 (82) 로부터의 빔을 수광 가능하다.

- [0131] 집광 광학계 (82) 의 후측 초점면에 있어서의 빔의 강도 분포의 계측은, 예를 들어 다음과 같이 하여 실시된다.
- [0132] 제어 장치 (600) 는, 먼저, 위치 계측계 (28) 및 리니어 인코더 (24<sub>1</sub> ~ 24<sub>6</sub>) 의 계측값에 기초하여, 평면 모터 (26) 및 신축 기구 (16<sub>1</sub> ~ 16<sub>6</sub>) 를, 이미 알려진 목표값 (설계 정보 등) 에 기초하여 제어하여 테이블 (12) 을 이동하고, 계측 부재 (92) 의 개구 (92a) 를 집광 광학계 (82) 의 광축 (AX) 상의 위치에 위치 결정한다.
- [0133] 또, 제어 장치 (600) 는, 구동 장치 (102) 를 개재하여 회전관 (101) 을 회전하고, 렌즈 (98) 를 개구 (92a) 및 제 1 광학계 (94) 를 통한 빔의 광로 상에 배치한다. 그리고, 이 상태에서, 렌즈 (98) 에 의해 CCD (96a) 의 수광면 상에 수속되는 빔의 수광 결과인 수광 데이터 (LRD1) 로 하는, 도 11 참조) 에 기초하여, 집광 광학계 (82) 의 후측 초점면에 있어서의 빔의 강도 분포를 계측한다.
- [0134] 도 14(A) 에는, 집광 광학계 (82) 의 후측 초점면에 있어서의 빔의 강도 분포를 계측할 때의 광학 배치가, 계측 장치 (110) 의 광축 (AX1) 및 집광 광학계 (82) 의 광축 (AX) 을 따라 전개되어 나타나 있다 (단, 집광 광학계 (82) 보다 상류측의 부분은 도시를 생략). 이 때, 미러 어레이 (80) 의 각 미러 소자 (81<sub>p,q</sub>) 의 반사면은, 후측 초점면에 있어서 원하는 빔의 강도 분포 (빔의 조사 영역의 형상, 크기, 배치 등) 가 얻어지는 설계 상의 각도로 설정되어 있는 것으로 한다.
- [0135] 도 14(A) 에 나타내는 광학 배치에 있어서, 제어 장치 (600) 가 광원 유닛 (60) 의 적어도 1 개의 레이저 유닛 (70) 으로부터 레이저 빔을 발진시켜, 광원계 (510) 로부터 평행 빔이 사출되면, 그 평행 빔은, 미러 어레이 (80) 의 복수의 미러 소자 (81<sub>p,q</sub>) 에 의해 각각 반사되고, 복수의 평행 빔이 되어 집광 광학계 (82) 에 입사한다. 집광 광학계 (82) 에 입사한 복수의 평행 빔은, 집광 광학계 (82) 에 의해 후측 초점면에 집광되고, 그 후측 초점면 또는 그 근방에 위치하는 개구 (92a) 에 입사한다.
- [0136] 개구 (92a) 를 통과한 광은, 제 1 광학계 (94) 및 렌즈 (98) 로 이루어지는 릴레이 광학계에 의해, 계측 부재 (92) 의 광학적인 공액면, 즉 CCD (96a) 의 수광면 상에 집광된다. 따라서, CCD (96a) 의 수광면의 강도 분포는, 계측 부재 (92) 의 상면 내에 있어서의 빔의 강도 분포가 된다. CCD (96a) 에 의해, 그 강도 분포를 갖는 빔이 수광되어, 광전 변환되어 얻어지는 수광 데이터 (LRD1) 가 수광기 (96) (전기 회로 (96b)) 로부터 제어 장치 (600) 로 송신된다 (도 11 참조).
- [0137] 그래서, 제어 장치 (600) 는, 리니어 인코더 (24<sub>1</sub> ~ 24<sub>6</sub>) 의 계측값에 기초하여 신축 기구 (16<sub>1</sub> ~ 16<sub>6</sub>) 를 개재하여 테이블 (12) 을 Z 축 방향으로 스텝 이동하면서, 상기 수광 데이터 (LRD1) 의 도입을 실시하고, 그 도입한 수광 데이터 (LRD1) 에 기초하여, 예를 들어 CCD (96a) 의 수광면에 형성되는 빔의 조사 영역의 면적이 최소가 되는 Z 축 방향의 위치를 찾아낸다. CCD (96a) 의 수광면에 형성되는 빔의 조사 영역의 면적이 최소가 되는 것은, 계측 부재 (92) 의 상면이, 집광 광학계 (82) 의 후측 초점면에 일치하고, 개구 (92a) 내에 가장 사프한 빔의 조사 영역이 형성될 때이다. 따라서, 제어 장치 (600) 는, 수광기 (96) 로부터의 수광 데이터 (LRD1) 에 기초하여, 빔을 수광한 화소의 수가 가장 적어지는 테이블 (12) 의 Z 위치를, 계측 부재 (92) 의 상면과 후측 초점면이 일치하고 있는 Z 위치라고 판단할 수 있다. 본 실시형태에서는, 후측 초점면을 조형면 (MP) 으로 하고 있으므로, 제어 장치 (600) 는, 그 Z 위치에 있어서의 수광 데이터 (LRD1) 에 기초하여, 조형면 (MP) 에 있어서의 빔의 강도 분포 (빔의 조사 영역의 형상, 크기, 배치 등) 를 구할 수 있다. 조형면 (MP) 에 있어서의 빔의 강도 분포 (빔의 조사 영역의 형상, 크기, 배치 등) 가 원하는 상태와 상이한 경우, 제어 장치 (600) 는, 예를 들어 미러 어레이 (80) 의 복수의 미러 소자 (81<sub>p,q</sub>) 중 적어도 일부의 각도를 조정하여, 조형면 (MP) 에 있어서의 빔의 강도 분포를 원하는 상태로 조정한다.
- [0138] 또, 계측 부재 (92) 의 상면과 후측 초점면이 일치하고 있는 상태에서의 CCD (96a) 의 수광면에 있어서의 빔의 강도 분포와 1 개 또는 복수의 기준 화소의 위치 관계로부터, 조형면 (MP) (집광 광학계 (82) 의 후측 초점면) 에 있어서의 빔의 조사 영역의 테이블 좌표계 상의 위치 등을 구할 수 있다.
- [0139] 또한, 집광 광학계 (82) 의 후측 초점면의 Z 위치가 이미 알려진 바와 같고, 그 Z 위치가 변화하고 있지 않다고 판단할 수 있는 경우에는, Z 축 방향의 스텝 이동을 하지 않아도 된다.
- [0140] 본 실시형태에서는, 제어 장치 (600) 는, 상기 서술한 조형면 (MP) 에 있어서의 빔의 강도 분포 (빔의 조사 영역의 형상, 크기, 배치 등) 의 계측을 실시한 후에, 다음에 설명하는 집광 광학계 (82) 의 동면 (입사동) (PP)

에 있어서의 빔의 강도 분포의 계측을 실시한다.

- [0141] 집광 광학계 (82) 의 동면 (입사동) (PP) (본 실시형태에서는 전측 초점면에 일치) 에 있어서의 빔의 강도 분포의 계측은, 예를 들어 다음과 같이 하여 실시된다.
- [0142] 상기 서술한 조형면 (MP) 에 있어서의 빔의 강도 분포 (빔의 조사 영역의 형상, 크기, 배치 등) 의 계측의 종료 후, 제어 장치 (600) 는, 계측 부재 (92) 의 상면 (개구 (92a) 의 형성면) 이 집광 광학계 (82) 의 광축 (AX) 상의 위치로서 조형면 (MP) 과 동일 높이가 되는 위치에, 테이블 (12) 의 위치를 유지한 채로, 구동 장치 (102) 를 개재하여 회전판 (101) 을 회전하여, 개구부 (97) 를 개구 (92a) 및 제 1 광학계 (94) 를 통한 빔의 광로 상에 배치한다. 그리고, 이 상태에서, 동면 (PP) 에 있어서의 빔의 강도 분포의 계측을 실시한다.
- [0143] 도 14(B) 에는, 동면 (PP) 에 있어서의 빔의 강도 분포 계측이 실시될 때의 광학 배치가, 계측 장치 (110) 의 광축 (AX1) 및 집광 광학계 (82) 의 광축 (AX) 을 따라 전개되어 나타나 있다 (단, 집광 광학계 (82) 보다 상류측의 부분은 도시를 생략). 도 14(B) 에 나타내는 바와 같이, 이 상태에서는, 빔의 광로 상에는, 개구부 (97) 가 배치되어 있기 때문에, 제 1 광학계 (94) 를 통한 평행광은, 그대로 수광기 (96) 를 구성하는 CCD (96a) 에 입사한다. 이 경우, CCD (96a) 의 수광면은, 집광 광학계 (82) 의 동면 (PP) 과 공액인 위치에 배치되어 있는 것으로 간주할 수 있고, 그 동면 (PP) 에 있어서의 빔의 강도 분포에 대응하는 광속을 수광하는 것이 가능해진다. 그래서, 제어 장치 (600) 는, 수광기 (96) 의 수광 데이터 (LRD2 로 하는, 도 11 참조) 를 도입하고, 그 수광 데이터 (LRD2) 에 기초하여 동면 (PP) 에 있어서의 빔의 강도 분포를 구한다. 그리고, 그 구한 강도 분포의 데이터를 메모리에 기억한다.
- [0144] 제어 장치 (600) 는, 동면 (PP) 에 있어서의 빔의 강도 분포에 기초하여, 예를 들어 미리 어레이 (80) 의 복수의 미리 소자 ( $81_{p,q}$ ) 중 적어도 일부의 각도를 조정할 수 있다.
- [0145] 또한, 제어 장치 (600) 는, 동면 (PP) 에 있어서의 빔의 강도 분포의 계측을, 조형면 (MP) 에 있어서의 빔의 강도 분포를 계측할 때마다 실시해도 되지만, 조형면 (MP) 에 있어서의 빔의 강도 분포 계측을 소정 횟수 실시할 때마다 1 회의 빈도로 실시해도 된다.
- [0146] 도 11 에는, 조형 장치 (100) 의 제어계를 중심으로 구성하는 제어 장치 (600) 의 입출력 관계를 나타내는 블록도가 나타나 있다. 제어 장치 (600) 는, 워크스테이션 (또는 마이크로 컴퓨터) 등을 포함하고, 조형 장치 (100) 의 구성 각 부를 통괄 제어한다.
- [0147] 상기 서술한 바와 같이 하여 구성된 본 실시형태에 관련된 조형 장치 (100) 의 기본적 기능은, 기존의 부품 (워크) 에 대해, 삼차원 조형에 의해 원하는 형상을 부가하는 것이다. 워크는 조형 장치 (100) 에 투입되고, 원하는 형상이 정확하게 부가된 후에 조형 장치 (100) 로부터 반출된다. 이 때, 그 부가된 형상의 실제의 형상 데이터는, 장치로부터 외부의 장치, 예를 들어 상위 장치에 보내진다. 조형 장치 (100) 에서 실시되는 일련의 작업은 자동화되어 있고, 워크의 공급은, 팔레트에 모은 일정량을 1 로트로 하여, 로트 단위로 투입하는 것이 가능하다.
- [0148] 도 15 에는, 제어 장치 (600) 의 일련의 처리 알고리즘에 대응하는 플로우 차트가 나타나 있다. 이하의 플로우 차트에 있어서의 각 스텝의 처리 (판단을 포함한다) 는, 제어 장치 (600) 에 의해 실시되지만, 이하에서는 특별히 필요한 경우를 제외하고, 제어 장치 (600) 에 관한 설명은 생략한다.
- [0149] 외부로부터 개시 지령이 제어 장치 (600) 에 입력되면, 도 15 의 플로우 차트에 따른 처리가 개시된다.
- [0150] 먼저, 스텝 S2 에 있어서, 로트 내의 워크의 번호를 나타내는 카운터의 카운트값  $n$  을 초기화한다 ( $n \leftarrow 1$ ).
- [0151] 다음의 스텝 S4 에서는 부가 가공 전의 1 로트의 워크가 탑재된 팔레트 (도시 생략) 를 외부로부터 조형 장치 (100) 내의 소정의 반출입 위치에 반입한다. 이 반입은, 제어 장치 (600) 의 지시에 따라 도시 생략된 반출입 장치에 의해 실시된다. 여기서, 1 로트는 예를 들어  $i \times j$  개이고, 팔레트 상에  $i \times j$  개의 워크가  $i$  행  $j$  열의 매트릭스상의 배치로 탑재되어 있다. 즉, 팔레트 상면에는,  $i$  행  $j$  열의 매트릭스상의 배치로 워크의 탑재 위치 (재치 위치) 가 정해져 있고, 각각의 탑재 위치에 워크가 탑재 (재치) 되어 있다. 예를 들어 각 탑재 위치에는, 각각 마크가 부여되어 있고, 각 마크의 팔레트 상의 위치는 이미 알려진 바와 같다. 이하에서는, 1 로트는, 일례로서  $4 \times 5 = 20$  개로 하고, 팔레트 상면에는, 4 행 5 열의 매트릭스상의 배치로 마크가 부여되어 있고, 각 마크 위에 워크가 탑재되어 있는 것으로 한다. 예를 들어, 로트 내의 제 1 ~ 제 5 번째의 워크는, 각각 1 행 1 열 ~ 1 행 5 열의 위치에 배치되고, 제 6 ~ 제 10 번째의 워크는, 각각 2 행 1 열 ~ 2 행 5 열의 위치에 배치되고, 제 11 ~ 제 15 번째의 워크는, 각각 3 행 1 열 ~ 3 행 5 열의 위치에 배

치되고, 제 16 ~ 제 20 번째의 워크는, 각각 4 행 1 열 ~ 4 행 5 열의 위치에 배치된다.

- [0152] 다음의 스텝 S6 에서는 로트 내의 n 번째의 워크를 팔레트로부터 취출하여 테이블 (12) 에 탑재한다. 이 때 이동 시스템 (200) 은, 조형 장치 (100) 내의 반송 시스템 (300) 이 설치된 위치의 근방에 설정되어 있는 로딩/언로딩 포지션에 있는 것으로 한다. 또, 이 때 테이블 (12) 은, 전술한 기준 상태 ( $Z, \theta_x, \theta_y, \theta_z$ ) = ( $Z_0, 0, 0, 0$ ) 에 있고, 그 XY 위치는, 위치 계측계 (28) 에 의해 계측되어 있는 슬라이더 (10) 의 X, Y 위치와 일치하고 있다.
- [0153] 구체적으로는, 제어 장치 (600) 가 카운트값 n 을 참조하여, 취출해야 할 워크의 팔레트 상의 위치 (i, j) 를 특정함과 함께, 반송 시스템 (300) 에 대해, 그 특정한 위치 (i, j) 에 있는 워크의 취출의 지시를 내린다. 이 지시에 따라, 반송 시스템 (300) 에 의해 워크가 팔레트 상으로부터 취출되어 테이블 (12) 상에 탑재된다. 예를 들어, n = 1 인 경우, 팔레트 상의 1 행 1 열째의 위치에 있는 워크가 취출되어 테이블 (12) 상에 탑재된다.
- [0154] 이어서, 스텝 S7 에 있어서, 워크를 탑재한 테이블 (12) 을, 계측 시스템 (400) (센서부 (38)) 의 하방으로 이동한다. 이 테이블 (12) 의 이동은, 제어 장치 (600) 가 위치 계측계 (28) 의 계측 정보에 기초하여, 평면 모터 (26) 를 제어하여, 이동 시스템 (200) 을 베이스 (BS) 상에서 X 축 방향 (및 Y 축 방향) 으로 구동시킴으로써 실시된다. 이 이동 중에도, 테이블 (12) 은, 전술한 기준 상태가 유지되어 있다.
- [0155] 다음의 스텝 S8 에서는, 계측 시스템 (400) 을 사용하여, 기준 상태에 있는 테이블 (12) 상에 탑재된 워크 상의 대상면의 적어도 일부의 삼차원 공간 내의 위치 정보 (본 실시형태에서는 삼차원 형상 정보) 의 계측이 실시된다. 이 이후에는, 이 계측 결과에 기초하여, 워크 상의 대상면의 6 자유도 방향의 위치는, 테이블 좌표계 (기준 좌표계) 상에서, 오픈루프의 제어에 의해 관리하는 것이 가능해진다.
- [0156] 다음의 스텝 S9 에서는, 대상면의 적어도 일부의 위치 정보 (형상 정보) 의 계측이 종료한 워크를 탑재한 테이블 (12) 을, 전술과 동일하게 하여 빔 조형 시스템 (500) (노즐 유닛 (84)) 의 하방으로 이동한다.
- [0157] 다음의 스텝 S10 에서는, 테이블 (12) 상의 워크에 3D 데이터에 대응하는 형상을 부가하는 삼차원 조형에 의한 부가 가공을 실시한다. 이 부가 가공은, 다음과 같이 하여 실시된다.
- [0158] 즉, 제어 장치 (600) 는, 부가 가공에 의해 부가해야 할 형상 (부가 가공 후에 만들어지는 물체의 형상으로부터 부가 가공의 대상이 되는 워크의 형상을 제거한 형상) 의 삼차원 CAD 데이터를 삼차원 조형용의 데이터로 하여, 예를 들어 STL (Stereo Lithography) 데이터로 변환하고, 또한 이 삼차원 STL 데이터로부터, Z 축 방향으로 슬라이스한 각 레이어 (층) 의 데이터를 생성한다. 그리고, 제어 장치 (600) 는, 각 레이어의 데이터에 기초하여, 워크에 대한 각 층의 부가 가공을 실시하기 위해, 이동 시스템 (200) 및 빔 조형 시스템 (500) 을 제어하여, 전술한 1 문자 영역의 형성, 및 1 문자 빔에 대한 노즐 (84a) 로부터의 조형 재료의 공급에 의한 선상의 용융지의 형성을, 테이블 (12) 을 스캔 방향으로 주사하면서 실시하는 것을 각 층에 대해 반복하여 실시한다. 여기서, 부가 가공시에 있어서의 워크 상의 대상면의 위치 및 자세의 제어는, 먼저 계측한 대상면의 위치 정보 (본 실시형태에서는 형상 정보) 를 고려하여 실시된다. 예를 들어, 계측 시스템 (400) 을 사용하여 취득된 워크 (W) 의 대상면 (TAS) 의 위치 정보 (형상 정보) 는, 워크 (W) 의 대상면 (TAS) 상의 목표 부위 (TA) 를, 조형면 (MP) 에 있어서의 빔의 조사 영역에 위치 맞춤하기 위해서 사용된다. 이 밖에, 제어 장치 (600) 는, 계측 시스템 (400) 을 사용하여 취득된 워크 (W) 의 대상면 (TAS) 의 위치 정보 (형상 정보) 에 기초하여, 빔 조형 시스템 (500) 도 제어한다. 이 제어의 내용으로는, 먼저, 조형면 상에 있어서의 빔의 강도 분포, 예를 들어 조형면 상에 형성되는 빔의 조사 영역의 형상, 크기, 배치 등을 설정 또는 변경하는 방법으로서 설명한 빔 조사부 (520) 의 각종 제어, 및 빔의 강도 분포의 설정 또는 변경에 따라 실시되는 것으로 하여 설명한, 재료 처리부 (530) 에 의한 조형 재료의 공급 동작에 관련하는 각종 제어 내용 모두가 포함된다.
- [0159] 여기서, 상기의 설명에서는, 워크 (W) 의 부가 가공의 목표 부위 (TA) 가 설정되는 대상면 (예를 들어 상면) (TAS) 이, 테이블 (12) 의 기울기를 조정함으로써, 집광 광학계 (82) 의 광축에 수직인 면 (XY 평면에 평행한 면) 에 설정되는 평면인 것을 전제로 하여, 테이블 (12) 의 스캔 동작을 따른 조형이 실시되는 것으로 하고 있다. 그러나, 워크의 부가 가공의 목표 부위가 설정되는 대상면은, 반드시 1 문자 빔을 사용할 수 있는 평면이라고는 단정할 수 없다. 그런데, 본 실시형태에 관련된 조형 장치 (100) 는, 워크가 탑재된 테이블 (12) 의 6 자유도 방향의 위치를 임의로 설정 가능한 이동 시스템 (200) 을 구비하고 있다. 그래서, 이러한 경우에 있어서, 제어 장치 (600) 는, 계측 시스템 (400) 을 사용하여 계측한 워크의 삼차원 형상에 기초하여, 이동 시스템 (200), 및 빔 조형 시스템 (500) 의 빔 조사부 (520) 를 제어하여, 조형면 (MP) 에 위치 맞춤되는 워크

(W) 상의 대상면 (예를 들어 상면) 이 조형면 (MP) 상에 있어서의 빔의 조사 영역 내에 있어서 부가 가공 가능한 평탄이라고 간주할 수 있을 정도로 조형면 (MP) 상에 있어서의 빔 조사 영역의 X 축 방향의 폭을 조정하면서, 노즐 (84a) 의 각 개폐 부재 (93<sub>i</sub>) 를 개재하여 각 공급구 (91<sub>i</sub>) 의 개폐 조작을 실시하여, 필요한 공급구로부터 조형 재료를 조사 영역에 조사되는 빔에 공급한다. 이로써, 워크 상면 (대상면) 이 평탄하지 않아도, 필요한 부분에 조형을 실시할 수 있다.

[0160] 또한, 비드의 적층에 의한 조형을 실시할 때, 조형면에 있어서의 조사 영역의 X 축 방향의 폭이 작은 빔으로 부가 가공 (비드 형성) 을 실시하여, 비교적 대면적의 평면을 형성한 후에, 조형면에 있어서의 조사 영역의 X 축 방향의 폭을 크게 한 1 문자 빔을 사용하여, 그 평면 상에 부가 가공 (비드 형성) 을 실시해도 된다. 예를 들어, 요철이 있는 대상면 상에 조형을 실시할 때, 조형면에 있어서의 조사 영역의 X 축 방향의 폭이 작은 빔으로 오목부를 메우는 부가 가공 (비드 형성) 을 실시하여 평면을 형성한 후에, 조형면 (MP) 에 있어서의 조사 영역의 X 축 방향의 폭을 크게 한 1 문자 빔을 사용하여, 그 평면 상에 부가 가공 (비드 형성) 을 실시해도 된다.

이러한 경우에 있어서도, 조형면 (MP) 에 있어서의 빔의 조사 영역의 크기 (폭) 변화에 따라 선택된 1 개 또는 복수의 공급구로부터 조형 재료의 분말이 공급되는 것은 말할 필요도 없다.

[0161] 워크에 대한 부가 가공의 종료 후, 스텝 S11 에 있어서, 부가 가공이 끝난 워크 (W) 를 탑재한 테이블 (12) 을 계측 시스템 (400) 의 하방으로 이동한다.

[0162] 다음의 스텝 S12 에서는, 계측 시스템 (400) 의 삼차원 계측기 (401) 를 사용하여 테이블 (12) 상의 워크의 형상을 검사한다. 구체적으로는, 제어 장치 (600) 는, 부가 가공이 끝난 워크의 삼차원 형상을, 그 워크를 테이블 (12) 상에 탑재한 채로 삼차원 계측기 (401) 를 사용하여 계측하고, 설계값으로부터 구해지는 부가 가공이 끝난 워크의 삼차원 형상에 대한 계측한 워크의 삼차원 형상의 치수 오차를 구한다. 여기서, 검사의 대상이 되는 부가 가공이 끝난 워크 (테이블 (12) 상의 워크) 는, 최초의 부가 가공만이 실시된 워크 및 부가 가공 후에 후술하는 수정 가공이 실시된 워크의 쌍방을 포함한다.

[0163] 검사 종료 후, 다음의 스텝 S14 에 있어서, 검사에 의해 얻어진 치수 오차가 미리 정해진 임계값 이하인지의 여부를 판단함으로써, 부가 가공의 합격 여부 판정, 즉 합격 인지의 여부를 판단을 실시한다. 그리고, 이 스텝 S14 에 있어서의 판단이 긍정되었을 경우, 즉 합격인 경우에는, 스텝 S15 로 진행된다.

[0164] 한편, 스텝 S14 에 있어서의 판단이 부정되었을 경우, 즉 불합격인 경우에는, 스텝 S19 로 이행하고, 워크를 탑재한 테이블 (12) 을 빔 조형 시스템 (500) 의 하방으로 이동한 후, 스텝 S20 에 있어서 테이블 (12) 상에 탑재되어 있는 워크에 대한 수정 가공을 실시한다. 이 수정 가공은, 예를 들어, 먼저 검사에 의해 얻어진 치수 오차에 기초하여, 그 치수 오차가 최대한 영이 되도록, 통상적인 3D 프린터에 의한 조형과 동일하게, 빔 조형 시스템 (500) 의 빔 조사부 (520) 로부터의 빔 (예를 들어 스폿상의 빔) 을 사용하여, 테이블 (12) 을 정지시킨 상태 또는 극저속으로 이동시키면서 용융지를 형성함으로써 실시된다. 이 경우에 있어서, 검사의 결과 얻어진 치수 오차가 플러스 (정) 의 값이었을 경우, 즉 부가 가공에 의해 워크의 대상면 상에 필요 이상으로 두꺼운 형상이 부가되어 있던 경우에는, 여분의 부분의 조형 재료를 제거할 필요가 있다. 본 실시형태에서는, 제어 장치 (600) 가, 조형 재료의 공급을 실시하지 않고, 빔 조형 시스템 (500) 의 빔 조사부 (520) 로부터의 빔을 워크의 대상면 상의 여분의 형상 부분에 조사하여 그 부분의 조형 재료를 녹이면서, 테이블 (12) 을 급가속, 급감속시키면서 이동하여, 녹은 조형 재료를 워크의 대상면 상으로부터 제거한다. 또한, 테이블 (12) 을 급가속, 급감속시키면서 이동함과 함께, 혹은 대신에, 녹은 조형 재료를 날려 버리는 압축 공기의 분출 장치를 빔 조형 시스템 (500) 에 형성해도 된다. 혹은, 빔에 의해 조형 재료를 녹이지 않고, 여분의 조형 재료를 기계적으로 제거하는 칼날 등을 갖는 제거 장치를 빔 조형 시스템 (500) 내에 형성해도 된다. 어느 쪽이든 워크의 대상면 상으로부터 제거된 조형 재료 (녹여진 조형 재료 또는 기계적으로 제거된 조형 재료) 를, 회수하는 회수 장치를 빔 조형 시스템 (500) 내에 형성하는 것이 바람직하다. 회수 장치를 노즐 (84a) 과 완전히 별도로 형성해도 되지만, 노즐에 용융되지 않았던 여분의 분말상의 조형 재료의 회수구를 형성하는 경우에는, 그 회수구를 상기의 제거된 조형 재료의 회수구로서 겸용해도 된다.

[0165] 상기 서술한 수정 가공이 종료되면, 스텝 S11 로 되돌아가고, 수정 가공이 끝난 워크를 탑재한 테이블 (12) 을 계측 시스템 (400) 의 하방으로 이동한 후, 다음의 스텝 S12 에서 계측 시스템 (400) 의 삼차원 계측기 (401) 를 사용하여 테이블 (12) 상의 워크의 형상을 검사한다. 그리고, 스텝 S14 에 있어서, 부가 가공의 합격 여부 판정, 즉 합격인지의 여부를 판단을 실시한다. 그리고, 다시, 스텝 S14 에 있어서의 판단이 부정되었을 경우 (불합격이었을 경우) 에는, 이후, 스텝 S14 에 있어서의 판단이 긍정될 때까지, 즉, 수정 가공 후의 형상의 검사 결과가 합격이 될 때까지, 스텝 S19, S20, S11, S12, S14 의 루프의 처리 (판단을 포함한다) 가 반복되

고, 필요한 추가적인 수정 가공이 실시된다.

- [0166] 스텝 S15 에서는, 부가 가공이 끝난 (수정 가공이 끝난 것을 포함한다) 워크가 탑재된 테이블 (12) 을 전술한 로딩/언로딩 포지션으로 이동한다.
- [0167] 다음의 스텝 S16 에서는, 테이블 (12) 상에 탑재되어 있는 가공이 끝난 로트 내의 n 번째의 워크를 팔레트로 되돌린다. 구체적으로는, 제어 장치 (600) 가, 카운트값 n 을 참조하여 팔레트 상의 위치를 특정하고, 반송 시스템 (300) 에 대해, 팔레트 상의 특정한 위치에 워크를 되돌리게 하기 위한 지시를 내린다. 이 지시에 따라, 반송 시스템 (300) 에 의해, 부가 가공이 끝난 워크가 테이블 (12) 상으로부터 취출되어 팔레트 상의 특정된 위치로 되돌아간다. 상기의 반송 시스템 (300) 에 대한 지시와 전후하여, 제어 장치 (600) 는, 직전에 스텝 S12 에 있어서 실시된 워크의 형상 검사로 얻어진, 부가된 형상의 실제의 형상 데이터를 외부의 장치, 예를 들어 상위 장치로 보낸다.
- [0168] 스텝 S16 의 처리가 실행되면, 스텝 S22 로 이행한다. 이 시점에서는, 테이블 (12) 상에는 워크는 존재하지 않는다. 스텝 S22 에서는, 카운터의 카운트값 n 을 1 인크리먼트 ( $n \leftarrow n + 1$ ) 한다.
- [0169] 다음의 스텝 S24 에서는, 카운트값 n 이 N (N 은 1 로트의 워크의 수, 본 실시형태에서는  $N = 20$ ) 을 초과하고 있는지의 여부를 판단한다. 그리고, 스텝 S24 에 있어서의 판단이 부정되었을 경우, 즉 로트 내에 처리가 종료하지 않은 워크가 존재하는 경우에는, 스텝 S6 으로 되돌아가고, 스텝 S24 에 있어서의 판단이 긍정될 때까지, 스텝 S6 ~ S24 를 반복한다. 이로써, 로트 내의 제 2 번째 이후의 워크에 대해, 상기 서술한 일련의 처리 (판단을 포함한다) 가 실시된다. 그리고, 로트 내의 모든 워크에 대해 처리가 종료하고, 스텝 S24 에 있어서의 판단이 긍정되면, 스텝 S26 으로 진행되고, 도시 생략된 반출입 장치에 대해, 처리가 끝난 워크가 탑재된 팔레트의 장치 밖으로의 반출을 지시한 후, 본 루틴의 일련의 처리를 종료한다.
- [0170] 또한, 상기의 설명에서는, 워크에 대한 부가 가공의 종료 후, 부가 가공이 끝난 워크 (W) 를 탑재한 테이블 (12) 을 계측 시스템 (400) 의 하방으로 이동하고, 계측 시스템 (400) 의 삼차원 계측기 (401) 를 사용하여 테이블 (12) 상의 워크의 형상을 검사하는 것으로 했지만, 이러한 검사를 실시하지 않고, 워크에 대한 부가 가공의 종료 후, 부가 가공이 끝난 워크 (W) 를 탑재한 테이블 (12) 을, 그 가공이 끝난 워크를 팔레트로 되돌리기 위해, 로딩/언로딩 포지션으로 이동하는 것으로 해도 된다. 즉, 부가 가공이 끝난 워크의 형상 검사, 및 이 검사 결과를 사용하는 전술한 수정 가공은 반드시 실시하지 않아도 된다. 혹은, 워크에 대한 부가 가공의 종료 후, 부가 가공이 끝난 워크 (W) 를 탑재한 테이블 (12) 을 계측 시스템 (400) 의 하방으로 이동하고, 계측 시스템 (400) 의 삼차원 계측기 (401) 를 사용하여 테이블 (12) 상의 워크의 형상을 검사하고, 그 검사 결과에 관계없이, 수정 가공을 실시하지 않고, 부가 가공이 끝난 워크를 팔레트로 되돌리기 위해, 로딩/언로딩 포지션으로 이동하는 것으로 해도 된다. 이 경우에도, 검사의 결과 얻어진 부가된 형상의 실제의 형상 데이터는, 제어 장치 (600) 에 의해 외부의 장치, 예를 들어 상위 장치에 보내진다. 또, 수정 가공을 실시한 경우에는, 워크의 형상 검사는 실시하지 않아도 된다. 즉, 스텝 S20 의 다음에 스텝 S15 로 진행되어, 수정 가공이 끝난 워크가 탑재된 테이블 (12) 을 전술한 로딩/언로딩 포지션으로 이동해도 된다.
- [0171] 또, 상기의 설명에서는, 워크에 대한 부가 가공의 종료 후에, 수정 가공의 필요성의 유무를 판정하기 위해, 가공이 끝난 워크의 형상 검사를 실시하기 위해서 부가 가공이 끝난 워크 (W) 를 탑재한 테이블 (12) 을 계측 시스템 (400) 의 하방으로 이동하는 것으로 하였다. 그러나, 이에 한정되지 않고, 워크에 대한 부가 가공의 도중에, 워크 (W) 를 탑재한 테이블 (12) 을 계측 시스템 (400) 의 하방으로 이동하여, 부가 부분을 포함하는 대상면의 위치 정보 (형상 정보) 를 취득한 후, 워크 (W) 를 탑재한 테이블 (12) 을 다시, 빔 조형 시스템 (500) 의 하방으로 이동하고, 취득한 부가 부분을 포함하는 대상면의 위치 정보 (형상 정보) 에 기초하여, 조형을 재개하는 것으로 해도 된다.
- [0172] 이상, 상세하게 설명한 바와 같이, 본 실시형태에 관련된 조형 장치 (100) 및 조형 장치 (100) 에서 실행되는 조형 방법에 의하면, 부가 가공이 실시된 워크를 테이블 (12) 로부터 떼어내지 않고 테이블 (12) 상에 탑재한 상태에서의 그 워크의 대상면의 삼차원 형상을 계측 시스템 (400) 에 의해 계측하는 것이 가능해지고, 그 계측 결과에 기초하여, 예를 들어, 가공 후의 형상의 합격 여부 (OK/NG) 를 판정하는 것이 가능해진다. 그리고, 불합격한 경우에는, 워크를 테이블 (12) 상에 탑재한 채로, 빔 조형 시스템 (500) 을 사용하여 그대로 수정 가공하는 것도 가능하여, 매우 효율적이다.
- [0173] 또, 대량으로 부품을 생산해 가는 과정에 있어서, 부품을 제조하여 그 자리에서 치수 검사를 실시하는 것은, 품질을 컨트롤하는 데에 있어서 매우 바람직하다. 왜냐하면, 장치의 정밀도에는 여러 가지 요인에서 드리프트

가 따르기 마련이다. 검사를 그 자리에서 실시함으로써, 이 드리프트의 경향을 제어 장치 (600) 가 감지할 수 있고, 그 결과에 기초하여 가공 정밀도에 대해 피드백해가는 것이 가능해진다. 즉, 제어 장치 (600) 는, 계측 시스템 (400) 을 사용하여 취득한 워크의 대상면의 위치 정보 (형상 정보) 에 기초하여, 조형에 있어서의 장치의 드리프트의 경향을 구하고, 그 구한 결과에 따라 계측 시스템 (400), 빔 조형 시스템 (500) 및 이동 시스템 (200) 중 적어도 1 개를 조정하는 것이 가능해지고, 이로써 치수의 변동을 억제하여 수율, 품질 편차를 향상시키는 것이 가능해진다.

[0174] 또한, 제어 장치 (600) 는, 조형에 있어서의 장치의 드리프트의 경향을 구하는 경우에 한정되지 않고, 계측 시스템 (400) 을 사용하여 취득한 워크의 대상면의 위치 정보 (형상 정보) 에 기초하여, 계측 시스템 (400), 빔 조형 시스템 (500) 및 이동 시스템 (200) 중 적어도 1 개를 조정하는 것으로 해도 된다. 이 경우의 워크는, 부가 가공을 실시하기 전의 워크, 부가 가공을 실시한 후의 워크, 및 수정 가공을 실시한 후의 워크 중 적어도 1 개를 포함한다.

[0175] 본 실시형태에 관련된 조형 장치 (100) 의 경우, 지금까지의 설명으로부터도 알 수 있는 바와 같이 가공에 따른 반력은 없는 것과 같으므로, 워크의 고정 상태가 가공 정밀도나 마무리에 직결되는 머시닝 센터와 같은 공작 기계와는 달리, 워크를 테이블 (12) 상에 강고하게 고정시킬 필요가 없다. 또, 조형 장치 (100) 는, 계측 시스템 (400) 을 구비하고 있으므로, 반송 시스템 (300) 에 의해 워크가 테이블 (12) 상에 다소 리프하게 탑재되었다고 해도, 계측 시스템 (400) 에 의해 이후에 다시 좌표계에 대한 위치가 특정되므로 문제가 되지 않는다. 이 계측 시스템 (400) 에 의한 삼차원 형상 계측 (3 차원 얼라인먼트의 일 양태) 이 실시되기 때문에, 반송 시스템 (300) 에 의한 워크의 테이블 (12) 상으로의 로드 및 테이블 (12) 상으로부터의 부가 가공이 끝난 워크의 언로드를 포함하는 일련의 동작의 자동화가 가능해져, 효율이 양호한 생산이 가능해진다.

[0176] 또, 본 실시형태에 관련된 조형 장치 (100) 에 의하면, 전술한 조형면 (MP) 내에 있어서의 빔의 강도 분포를, 빔과 대상면 (TAS) 의 상대 이동에 의한 조형 개시 전뿐만 아니라, 빔과 대상면 (TAS) 의 상대 이동 중에, 필요한 경우에는 연속적으로 변경 가능함과 함께, 대상면 (TAS) 과 빔의 상대 위치에 따라, 또한 요구되는 조형 정밀도와 스루풋에 따라 변경 가능하다. 이로써, 조형 장치 (100) 에서는, 예를 들어 래피드 프로토타이핑에 의해 조형물을 워크 (W) 의 대상면 (TAS) 상에 높은 가공 정밀도로 또한 고스루풋으로 형성하는 것이 가능해진다.

[0177] 또, 조형 장치 (100) 에서는, 평탄한 대상면 (TAS) 상에 비교적 넓은 면적의 부가 가공 (조형) 을 실시하는 경우에, 전술한 1 문자 빔에 대해 노즐 (84a) 로부터 분말상의 조형 재료 (PD) 를 공급하여 노즐 (84a) 의 바로 밑에 선상의 용융지 (WP) 를 형성하고, 이러한 용융지 (WP) 의 형성을 테이블 (12) 을 스캔 방향 (도 4 에서는 +Y 방향) 으로 주사하면서 실시하는 방법이 채용된다. 이 방법에 의하면, 종래의 3D 프린터 등에서는, 도 16(B) 에 나타내는 바와 같이 스폿상의 빔을 몇십 회나 왕복하지 않으면 생성할 수 없었던 형상을, 도 16(A) 에 나타내는 바와 같이, 1 문자 빔에 대한 테이블 (12) 의 수 차례의 왕복으로 생성하는 것이 가능해진다. 본 실시형태에 의하면, 종래의 스폿상의 빔에 의한 조형의, 말하자면 일필서 (一筆書) 의 조형의 경우와 비교하여 현격히 단시간에 조형물을 워크의 대상면 상에 형성하는 것이 가능해진다. 즉, 이 점에 있어서도, 스루풋의 향상이 가능해진다.

[0178] 또, 본 실시형태에 관련된 조형 장치 (100) 에 의하면, 미러 어레이 (80) 의 각 미러 소자의 반사면의 경사 각도를 변경함으로써, 집광 광학계 (82) 의 조형면 내에 있어서의 빔의 강도 분포의 변경이 실시되므로, 그 강도 분포의 변경으로서, 조형면 내에 있어서의 빔의 조사 영역의 위치, 수, 크기 및 형상 중 적어도 하나의 변경을 용이하게 실시할 수 있다. 따라서, 예를 들어 조사 영역을 스폿상, 슬릿상 (라인상) 등으로 설정하고, 전술한 수법에 의해, 워크 상의 대상면에 삼차원 조형을 실시함으로써, 고정밀한 삼차원 조형물의 형성이 가능해진다.

[0179] 또, 본 실시형태에 관련된 조형 장치 (100) 는, 복수, 예를 들어 2 개의 분말 카트리지 (88A, 88B) 를 갖고, 분말 카트리지 (88A, 88B) 각각의 내부에는, 제 1 조형 재료 (예를 들어 티탄) 의 분말, 제 2 조형 재료 (예를 들어 스테인리스) 의 분말이 수용되어 있다. 그리고, 부가 가공시 (조형시) 에, 제어 장치 (600) 에 의해, 재료 공급 장치 (86) 를 사용한 노즐 유닛 (84) 에 대한 분말의 공급 경로, 즉 배관 (90b, 90c) 의 전환이 실시된다. 이로써, 분말 카트리지 (88A) 로부터의 제 1 조형 재료 (예를 들어 티탄) 의 분말과 분말 카트리지 (88B) 로부터의 제 2 조형 재료 (예를 들어 스테인리스) 의 분말이 택일적으로 노즐 유닛 (84) 에 공급된다. 따라서, 제어 장치 (600) 가 공급하는 분말 재료를 부위에 따라 전환하는 것만으로, 이종 재료의 접합 형상이 용이하게 생성 가능하다. 또, 그 전환은 거의 순간적으로 실시하는 것이 가능하다. 또한 이종 재료를

혼합하여 공급함으로써 「합금율」 그 자리에서 만들어 버리는 것도, 그 조성을 장소에 따라 바꾸거나 그라데이션으로 하거나 할 수도 있다.

- [0180] 본 실시형태에 관련된 조형 장치 (100) 에서는, 제어 장치 (600) 는, 계측 장치 (110) 를 사용하여, 전술한 수법에 의해, 적당한 빈도로 조형면 (MP) 내에 있어서의 빔의 강도 분포를 계측하여, 필요한 캘리브레이션을 실시할 수 있다. 예를 들어, 제어 장치 (600) 는, 계측 장치 (110) 를 사용한 조형면 (MP) 내에 있어서의 빔의 강도 분포의 계측 결과에 기초하여, 미러 어레이 (80) 등을 제어하여, 조형면 (MP) 내에 있어서의 빔의 강도 분포를 조정할 수 있다.
- [0181] 또, 제어 장치 (600) 는, 계측 장치 (110) 를 사용하여 조형면 (MP) 내에 있어서의 빔의 강도 분포의 계측을, 예를 들어 워크에 대한 조형 처리 (부가 가공) 에 앞서 실시하고, 그 계측 결과에 기초하여, 조형 처리 중에, 빔 조형 시스템 (500) 과 이동 시스템 (200) 중 적어도 일방의 조정을 실시하는 것으로 해도 된다. 이 경우도, 조형면 (MP) 내에 있어서의 빔의 강도 분포의 계측에 계속해서, 동면 (PP) 에 있어서의 빔의 강도 분포의 계측을 실시하고, 그 결과에 기초하여, 조형 처리 중에, 빔 조형 시스템 (500) 과 이동 시스템 (200) 중 적어도 일방의 조정 (제어) 을 실시하는 것으로 해도 된다.
- [0182] 이 경우에 있어서의 이동 시스템 (200) 의 조정 (제어) 으로는, 워크 (W) 의 대상면 (TAS) 상의 목표 부위 (TA) 를, 조형면 (MP) 에 있어서의 빔의 조사 영역에 위치 맞춤하기 위한 테이블 (12) 의 위치 제어를 대표적으로 들 수 있다.
- [0183] 또, 빔 조형 시스템 (500) 의 조정 (제어) 의 내용으로는, 먼저, 조형면 상에 있어서의 빔의 강도 분포, 예를 들어 조형면 상에 형성되는 빔의 조사 영역의 형상, 크기, 배치 등을 설정 또는 변경하는 방법으로서 설명한 빔 조사부 (520) 의 각종 제어, 및 이 빔의 강도 분포의 설정 또는 변경에 따라 실시되는 것으로 하여 설명한, 재료 처리부 (530) 에 의한 조형 재료의 공급 동작에 관련하는 각종 제어 내용 모두가 포함된다.
- [0184] 또, 조형면 (MP) 에 있어서의 빔의 강도 분포의 계측을, 테이블 (12) 이 정지된 상태에서 수광기 (96) 로 한 번에 실시할 수 없는 경우, 예를 들어, 조형면 (MP) 에 있어서의 빔의 조사 영역의 배치 범위가 넓은 경우 등에는, 테이블 (12) (계측 부재 (92) 의 개구 (92a)) 을 XY 평면 내에서 X 축 방향 및 Y 축 방향의 적어도 일 방향으로 이동하면서 조형면 (MP) 에 있어서의 빔의 강도 분포의 계측이 실시된다.
- [0185] 또한, 본 실시형태에 관련된 조형 장치 (100) 에서는, 테이블 (12) 에 계측 장치 (110) 의 모든 구성 부분이 형성되어 있지만, 이에 한정되지 않고, CCD (96a) 의 수광면과, 수광부로서 기능하는 계측 부재 (92) 의 개구 (92a) 의 형성면의 광학적 공액 관계가 유지된다면, 계측 부재 (92) 이외의 계측 장치 (110) 의 구성 부분은 테이블 (12) 의 외부에 형성해도 된다.
- [0186] 또, 상기 서술한 계측 장치 (110) 와 동일한 센서 장치가 탑재되고, 테이블 (12) 과는 독립적으로 이동 가능한 가동 부재를, 테이블 (12) 과는 별도로 형성해도 된다. 이 경우, 가동 부재는, X, Y, Z 의 3 축 방향으로 가동이면 되고, 제어 장치 (600) 가 테이블 좌표계 상에서 그 가동 부재 및 센서의 위치를 제어 (관리) 가능한 구성을 채용해도 된다. 센서 장치를 사용하여, 제어 장치 (600) 가, 전술한 조형면에 있어서의 빔의 강도 분포의 계측을 실시할 수 있다. 이 경우도, 동면 (PP) 에 있어서의 빔의 강도 분포의 계측을 실시하도록 해도 된다. 또, 이 경우, 제어 장치 (600) 는, 센서 장치를 사용하여 계측한 조형면 (MP) 내에 있어서의 빔의 강도 분포에 기초하여, 조형 처리 중에, 상기 서술한 빔 조형 시스템 (500) 과 이동 시스템 (200) 중 적어도 일방의 조정을 실시하는 것으로 해도 된다. 이 밖에, 제어 장치 (600) 는, 테이블 (12) 상의 워크를, 계측 시스템 (400) 을 사용하여 계측하는 것과 병행하여, 센서 장치를 사용하여 전술한 조형면에 있어서의 빔의 강도 분포의 계측 등을 실시할 수 있다.
- [0187] 또한, 지금까지의 설명으로부터 알 수 있는 바와 같이, 계측 장치 (110) 는, 빔의 강도의 조사 영역 내부의 불균일 (강도 분포) 을 검출하는 불균일 센서로서도 사용할 수 있다.
- [0188] 또, 계측 장치 (110) 를 사용하여 집광 광학계 (82) 의 파면 수차를 계측하도록 해도 된다. 예를 들어, 도 13 에 나타내는 회전판 (101) 의 빈 영역, 예를 들어 도 13 중의 가상선 (2 점 쇄선) 의 원 내의 영역에 개구 (92a) 의 형성면과, CCD (96a) 의 수광면을 광학적으로 공액으로 하는 복수의 마이크로 렌즈가 매트릭스상으로 배치된 마이크로 렌즈 어레이를 배치해도 된다. 이 경우, 회전판 (101) 을 회전시켜, 그 마이크로 렌즈 어레이를, 제 1 광학계 (94) 로부터 사출되는 평행광의 광로 상에 위치시키고, 광 투과부로서 핀홀 패턴이 형성된 패턴판을, 예를 들어 제 2 플라이아이 렌즈계 (76) 의 사출측에 배치함으로써, 집광 광학계 (82) 의 파면 수차를 계측 가능한 샤크·하트만 방식의 파면 수차 계측기를 구성하는 것도 가능하다. 이 경우, 패턴판을, 제

2 플라이아이 렌즈계 (76) 의 사출측에 삽탈 가능한 구성이다. 파면 수차 계측이 가능한 구성을 채용했을 경우, 집광 광학계 (82) 의 후측 초점면의 위치가 변화해도, 파면 수차 계측 결과로부터, 변화 후의 집광 광학계 (82) 의 후측 초점면의 위치를 계속할 수 있고, 그것에 기초하여 조형면 (MP) 의 위치를 변경하거나, 계측 장치 (110) 에 의한 계측 처리시의 계측 부재 (92) 의 상면의 위치를 조정하거나 할 수 있다. 또, 파면 수차 계측이 가능한 구성을 채용했을 경우, 아울러, 집광 광학계 (82) 의 광학 특성을 조정 가능한 구성으로 해도 된다. 예를 들어, 집광 광학계 (82) 를 복수의 렌즈로 구성하고, 그 중 일부의 렌즈를 압전 소자 등의 구동 소자에 의해, 광축 (AX) 방향 및 광축 (AX) 에 직교하는 평면에 대한 경사 방향 (틸트 방향) 으로 구동 가능한 구성으로 해도 된다. 이러한 경우에는, 가동인 렌즈를 축 (AX) 방향 및 틸트 방향 중 적어도 일방의 방향으로 구동시킴으로써, 집광 광학계 (82) 의 광학 특성을 조정할 수 있다.

[0189] 이 밖에, 상기 서술한 계측 장치 (110) 대신에, 도 17 에 나타내는 바와 같이, 전술한 수광기 (96) 를, 테이블 (12) 의 상면에, CCD (96a) 의 수광면이, 테이블 (12) 의 그 밖의 부분과 면일 (동일면) 이 되도록 배치해도 된다. 그리고, 이 수광기 (96) 에 의해, 조형면 (MP) 에 있어서의 빔의 강도 분포를 계측하는 것으로 해도 된다. 이 경우도, 테이블 (12) 이 정지된 상태에서의 계측만이 아니라, 테이블 (12) 이 움직이면서 빔의 강도 분포를 계측하는 스캔 계측을 가능하게 함으로써, CCD 나 미러 어레이의 유한한 화소수의 영향을 배제하여, 올바른 계측 결과를 얻을 수 있다. 이와 같이, 집광 광학계 (82) 로부터의 빔을 수광하는 센서로 빔의 강도 분포를 계측함으로써, 집광 광학계 (82) 의 열수차 등의 변동 요인도 가미된 빔의 강도 분포의 관리가 가능해진다. 또, 그 결과에 기초하여 미러 어레이 (80) 등을 제어함으로써, 집광 광학계 (82) 의 후측 초점면 등에 있어서의 빔의 강도 분포를 원하는 상태로 양호한 정밀도로 설정할 수 있다.

[0190] 또한, 상기 실시형태에서는, 빔 조형 시스템 (500) 에 의해 단일 직선상의 빔 (1 문자 빔) 의 조사 영역을 형성하고, 그 1 문자 빔에 대해 워크 (W) 를 주사 방향 (예를 들어 Y 축 방향) 으로 주사하는 경우에 대해 설명하였다. 그러나, 빔 조형 시스템 (500) 에서는, 전술한 바와 같이, 집광 광학계 (82) 에 입사하는 복수의 평행 빔 (LB) 의 입사 각도에 적절한 각도 분포를 부여함으로써, 조형면 (MP) 상에 있어서의 빔의 강도 분포를 자유롭게 변경할 수 있다. 따라서, 조형 장치 (100) 에서는, 조형면 (MP) 상에 있어서의 빔의 조사 영역의 위치, 수, 크기 및 형상 중 적어도 1 개를 변경할 수 있고, 전술한 바와 같이 빔의 조사 영역으로서 예를 들어 1 문자 영역, 3 열 영역, 결손 1 문자 영역 등 (도 10 참조) 을 형성할 수도 있다.

[0191] 지금까지는 1 문자 영역을 가능한 한 가늘고 샤프하게 함으로써, 디포커스했을 때에 그 1 문자 영역에 조사되는 빔의 에너지 밀도가 급격하게 저하되는 것을 이용하여, 용융지 (도포층) 의 두께 제어성을 최대한 높은 사용법을 전제로 설명을 실시하고 있었다. 그러나, 이 경우, 도포층의 두께는 매우 얇아져, 동일 두께의 층을 부가하는 경우에, 보다 많은 층으로 나누어 부가 가공 (조형) 을 실시해야 하여 (몇 번이나 덧칠해야 하여), 생산성의 관점에서는 불리해진다.

[0192] 따라서, 요구되는 조형 정밀도와 스루풋의 균형을 고려 후, 도포층의 두께를 두껍게 하고 싶은 경우가 생각된다. 이러한 경우에는, 제어 장치 (600) 는, 요구되는 조형 정밀도와 스루풋에 따라, 조형면 내에 있어서의 빔의 강도 분포를 변화시키는, 구체적으로는 미러 어레이 (80) 의 각 미러 소자 (81<sub>p,q</sub>) 의 경사각을 제어하여 1 문자 영역의 폭을 약간 굵게 하면 된다. 예를 들어 도 18(B) 에 나타내는 1 문자 영역 (LS) 이 1 문자 영역 (LS') 으로 변화된다. 이와 같이 하면, 디포커스했을 때의 에너지 밀도 변화가 느려져, 도 18(A) 에 나타내는 바와 같이, 연직 방향의 고에너지 에어리어의 두께 (h) 가 두꺼워지고, 이로써 1 회의 스캔으로 생성할 수 있는 층의 두께를 두껍게 할 수 있어, 생산성을 향상시킬 수 있다.

[0193] 이상과 같이, 본 실시형태에 관련된 조형 장치 (100) 는, 종래의 금속용 3D 프린터와 비교하여, 다수의 편리성, 실제의 가공 현장의 요구에 따른 솔루션을 구비하고 있는 것이 큰 특징이다.

[0194] 또한, 상기 실시형태에서는, 일레로서, 팔레트에 모은 일정량을 1 로트로 하여, 로트 단위로 워크가 처리되는 경우에 대해 설명했지만, 이에 한정되지 않고, 워크를 1 개씩 처리해도 된다. 이 경우, 반송 시스템 (300) 에 의해, 외부 반송계로부터 수취한 가공 전의 워크가 테이블 (12) 상에 로드됨과 함께, 가공 종료 후의 워크가 테이블 상으로부터 언로드되어, 외부 반송계에 건네진다.

[0195] 또한, 상기 실시형태에서는, 공간 광 변조기로서 미러 어레이 (80) 를 사용하는 경우에 대해 설명했지만, 이것 대신에, MEMS 기술에 의해 제조되는 디지털·마이크로 미러·디바이스 (Digital Micromirror Device : DMD (등록상표)) 를 다수 매트릭스상으로 배치하여 이루어지는 대면적의 디지털·미러 디바이스를 사용해도 된다. 이러한 경우에는, 각 미러 소자의 상태 (예를 들어 틸트각) 를 인코더 등으로 계측하는 것은 곤란해진다. 이러한 경우에는, 그 대면적의 디지털·미러 디바이스의 표면에 검출광을 조사하여, 디지털·미러 디바이스를

구성하는 다수의 미러 소자로부터의 반사광을 수광하고, 그 강도 분포에 기초하여, 각 미러 소자의 상태를 검출하는 검출 시스템을 사용해도 된다. 이 경우, 검출 시스템은, 디지털·미러 디바이스에 의해 형성되는 이미지를 촬상 수단에 의해 촬상하여 얻어진 화상 정보에 기초하여 다수의 미러 소자 각각의 상태를 검출하는 것이어도 된다.

[0196] 또한, 상기 실시형태에 관련된 조형 장치 (100) 에 있어서, 로터리 인코더 (83<sub>p,q</sub>) 와 함께, 도 11 에 가상선으로 나타내는 검출 시스템 (89) 을 사용해도 된다. 이 검출 시스템 (89) 으로는, 미러 어레이 (80) 의 표면에 검출광을 조사하여, 미러 어레이 (80) 를 구성하는 다수의 미러 소자 (81<sub>p,q</sub>) 로부터의 반사광을 수광하고, 그 강도 분포에 기초하여, 각 미러 소자 (81<sub>p,q</sub>) 의 상태를 검출하는 검출 시스템을 사용할 수 있다. 검출 시스템으로는, 예를 들어 미국 특허 제8,456,624호 명세서에 개시되는 것과 동일한 구성의 시스템을 사용할 수 있다.

[0197] 또, 상기 실시형태에서는, 각 미러 소자 (81<sub>p,q</sub>) 의 반사면의 기준면에 대한 경사 각도를 변경 가능한 타입의 미러 어레이 (80) 를 사용하는 경우에 대해 예시했지만, 이것에 한정되지 않고, 각 미러 소자가, 기준면에 대해 경사 가능하고 또한 기준면에 직교하는 방향으로 변위 가능한 구조의 미러 어레이를 채용해도 된다. 또, 각 미러 소자는, 반드시 기준면에 대해 경사 가능하지 않아도 된다. 이와 같이, 기준면에 직교하는 방향으로 변위 가능한 미러 어레이는, 예를 들어 미국 특허 제8,456,624호 명세서에 개시되어 있다. 이 밖에, 각 미러 소자가, 기준면에 평행한 서로 직교하는 2 축의 둘레로 회전 가능 (즉, 직교하는 2 방향의 경사 각도를 변경 가능) 한 타입의 미러 어레이를 채용해도 된다. 이와 같이 직교하는 2 방향의 경사 각도를 변경 가능한 미러 어레이는, 예를 들어 미국 특허 제6,737,662호 명세서에 개시되어 있다. 이러한 경우에 있어서도, 상기 미국 특허 제8,456,624호 명세서에 개시되는 검출 시스템을 사용하여 각 미러 소자의 상태를 검출할 수 있다.

[0198] 또한, 미러 어레이 (80) 의 표면에 검출광을 조사하여, 미러 어레이 (80) 를 구성하는 다수의 미러 소자 (81<sub>p,q</sub>) 로부터의 반사광을 수광하는 검출 시스템을 사용해도 된다. 혹은, 검출 시스템으로서, 각 미러 소자의 기준면 (베이스) 에 대한 경사각 및 간격을 개별적으로 검출하는 센서를 미러 어레이 (광학 디바이스) 에 형성해도 된다.

[0199] 또한, 상기 실시형태에서는, 집광 광학계 (82) 의 동면에 입사하는 복수의 평행 빔의 입사 각도를 개별적으로 제어함으로써 조형면 상에서의 빔의 강도 분포의 변경을 실시하는 경우에 대해 설명했지만, 집광 광학계 (82) 의 동면에 입사하는 복수의 평행 빔의 모든 입사 각도가 제어 (변경) 가능하지 않아도 된다. 따라서, 상기 실시형태와 동일하게 미러 어레이를 사용하여 집광 광학계 (82) 에 입사하는 평행 빔의 입사 각도를 제어하는 경우 등에, 모든 미러 소자가 반사면의 상태 (반사면의 위치 및 경사 각도 중 적어도 일방) 를 변경 가능하지 않아도 된다. 또, 상기 실시형태에서는, 집광 광학계 (82) 에 입사하는 복수의 평행 빔의 입사 각도의 제어, 즉 조형면 상에 있어서의 빔의 강도 분포의 변경을 위해서 미러 어레이 (80) 를 사용하는 경우에 대해 설명했지만, 미러 어레이 대신에, 이하에 설명하는 공간 광 변조기 (비발광형 화상 표시 소자) 를 사용해도 된다. 투과형 공간 광 변조기로는, 투과형 액정 표시 소자 (LCD : Liquid Crystal Display) 이외에, 일렉트로크로믹 디스플레이 (ECD) 등을 예로서 들 수 있다. 또, 반사형 공간 광 변조기로는, 상기 서술한 마이크로 미러·어레이 외에, 반사형 액정 표시 소자, 전기 영동 디스플레이 (EPD : Electro Phonic Display), 전자 페이퍼 (또는 전자 잉크), 광 회절형 라이트 밸브 (Grating Light Valve) 등을 예로서 들 수 있다. 또, 상기 실시형태에서는, 조형면 상에 있어서의 빔의 강도 분포의 변경을 위해 미러 어레이 (공간 광 변조기의 1 종) 를 사용하는 경우에 대해 설명했지만, 공간 광 변조기를 그 밖의 목적으로 사용해도 된다.

[0200] 또, 상기 서술한 바와 같이, 집광 광학계 (82) 는 대구경인 것이 바람직하지만, 개구수 N.A. 가 0.5 보다 작은 집광 광학계를 사용해도 된다.

[0201] 또한, 상기 실시형태에서는, 조형 재료로서 티탄, 스테인리스의 분말을 사용하는 경우에 대해 예시했지만, 철분 그 밖의 금속의 분말은 물론, 나일론, 폴리프로필렌, ABS 등의 분말 등 금속 이외의 분말을 사용하는 것도 가능하다. 또, 조형 재료로서 분말 이외의 것, 예를 들어 용접에 사용되는 필러 와이어 등을 사용하는 경우에도, 상기 실시형태에 관련된 조형 장치 (100) 는 적용이 가능하다. 단, 이 경우에는, 분말 카트리지와 노즐 유닛 등의 분말의 공급계 대신에, 와이어 이송 장치 등이 형성되게 된다.

[0202] 또, 상기 실시형태에서는, 노즐 (84a) 의 복수의 공급구 (91<sub>i</sub>) 의 각각으로부터 분말상의 조형 재료 (PD) 를 집광 광학계 (82) 의 광축 (AX) 에 평행한 Z 축 방향을 따라 공급하는 경우에 대해 설명했지만, 이것에 한정되지

않고, 광축 (AX) 에 대해 경사진 방향으로부터 조형 재료 (분말) 를 공급해도 된다. 또 연직 방향에 대해 경사진 방향으로부터 조형 재료 (분말) 를 공급해도 된다.

[0203] 또한, 상기 실시형태의 조형 장치 (100) 에 있어서, 재료 처리부가 구비하는 노즐 (84a) 은, 전술한 조형 재료의 공급구와 함께, 용융되지 않았던 분말상의 조형 재료를 회수하는 회수구 (흡인구) 를 가지고 있어도 된다.

[0204] 지금까지는 기존의 워크에 형상을 부가하는 예에 대해 설명했지만, 본 실시형태에 관련된 조형 장치 (100) 의 사용 용도가 이것에 한정되는 것은 아니며, 통상적인 3D 프린터 등과 동일하게, 테이블 (12) 상에서 아무것도 없는 것에서 삼차원 형상을 조형에 의해 생성할 수도 있다. 이 경우에는, 「무」 라는 워크에 부가 가공을 실시하는 것과 다르지 않다. 이러한 테이블 (12) 상에서의 삼차원 조형물의 조형시에는, 제어 장치 (600) 는, 계측 시스템 (400) 이 구비하는 마크 검출계 (56) (도 11 참조) 에 의해, 테이블 (12) 상에 미리 형성된 최저 3 지점의 얼라인먼트 마크를 광학적으로 검출함으로써, 테이블 (12) 상에 설정되는 조형의 대상면의 6 자유도 방향의 위치 정보를 구하고, 이 결과에 기초하여 빔 (의 조사 영역) 에 대한 테이블 (12) 상의 대상면의 위치 및 자세를 제어하면서, 삼차원 조형을 실시하면 된다.

[0205] 또한, 상기 실시형태에서는, 일례로서, 제어 장치 (600) 가, 이동 시스템 (200), 반송 시스템 (300), 계측 시스템 (400) 및 빔 조형 시스템 (500) 의 구성 각 부를 제어하는 경우에 대해 설명했지만, 이것에 한정되지 않고, 조형 시스템의 제어 장치를, 마이크로 프로세서 등의 처리 장치를 각각 포함하는 복수의 하드웨어에 의해 구성해도 된다. 이 경우에 있어서, 이동 시스템 (200), 반송 시스템 (300), 계측 시스템 (400) 및 빔 조형 시스템 (500) 의 각각이 처리 장치를 구비하고 있어도 되고, 이동 시스템 (200), 반송 시스템 (300), 계측 시스템 (400) 및 빔 조형 시스템 (500) 중 적어도 2 개를 제어하는 제 1 처리 장치와, 나머지 시스템을 제어하는 제 2 처리 장치의 조합이어도 되고, 혹은 상기 4 개의 시스템 중 2 개를 제어하는 제 1 처리 장치와, 나머지 2 개의 시스템을 개별적으로 제어하는 제 2 및 제 3 처리 장치의 조합이어도 된다. 어느 경우든 각각의 처리 장치가, 상기 서술한 제어 장치 (600) 의 기능의 일부를 맡게 된다. 혹은, 복수의 마이크로 프로세서 등의 처리 장치와, 이들 처리 장치를 통괄적으로 관리하는 호스트·컴퓨터에 의해, 조형 시스템의 제어 장치를 구성해도 된다.

[0206] 상기 서술한 각 실시형태의 구성 요건의 적어도 일부는, 상기 서술한 각 실시형태의 구성 요건의 적어도 다른 일부와 적절히 조합할 수 있다. 상기 서술한 각 실시형태의 구성 요건 중 일부가 사용되지 않아도 된다.

또, 법령에서 허용되는 한, 상기 서술한 각 실시형태에서 인용한 모든 공개 공보 및 미국 특허의 개시를 인용하여 본문의 기재의 일부로 한다.

[0207] 산업상 이용가능성

[0208] 이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 관련된 조형 장치 및 조형 방법은, 삼차원 조형물의 형성에 적합하다.

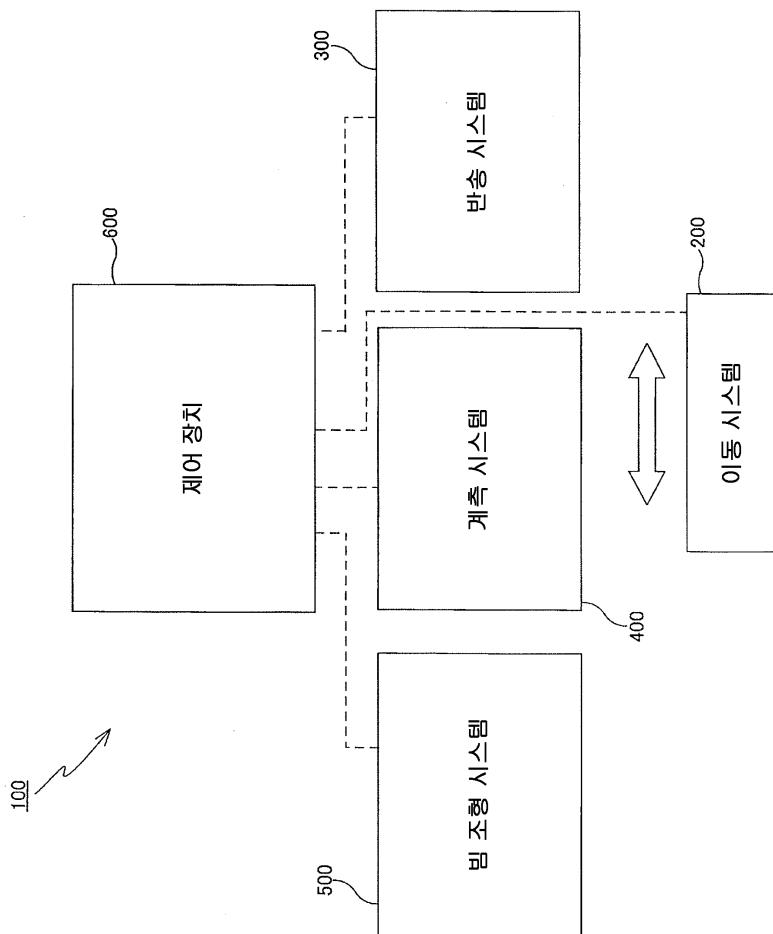
**부호의 설명**

- [0209] 12...테이블
- 82...집광 광학계
- 83...로터리 인코더
- 91...공급구
- 85...제한 부재
- 89...검출 시스템
- 92...계측 부재
- 92a...개구
- 100...조형 장치
- 110...계측 장치
- 200...이동 시스템
- 300...반송 시스템

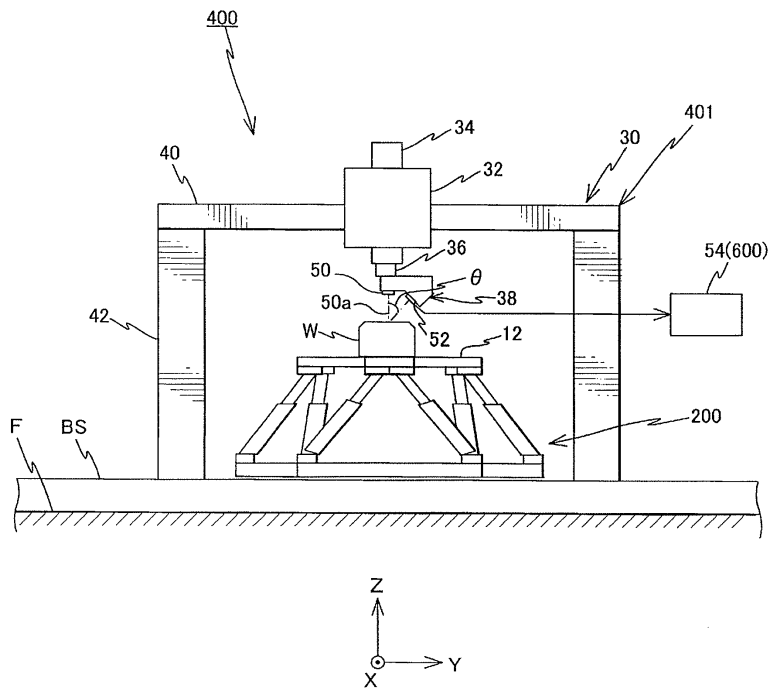
- 400...계측 시스템
- 401...삼차원 계측기
- 500...빔 조형 시스템
- 520...빔 조사부
- 530...재료 처리부
- 600...제어 장치
- PD...조형 재료
- LS...1 문자 영역
- TA...목표 부위
- TAS...대상면
- W...워크
- WP...용융지.

도면

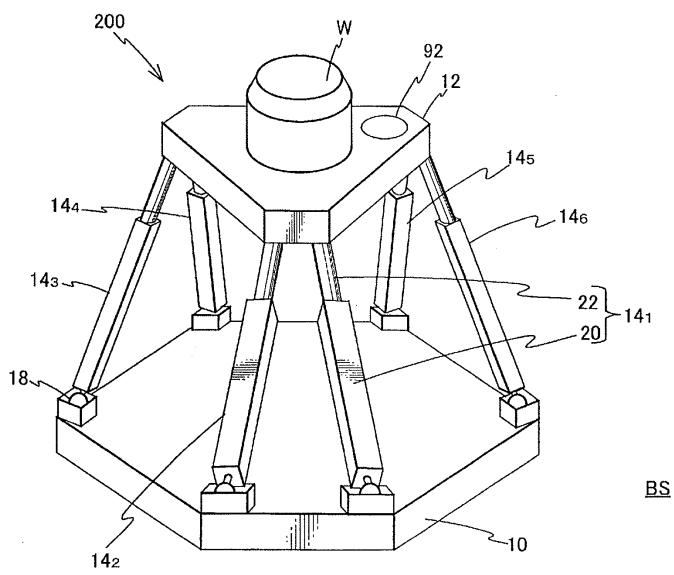
도면1



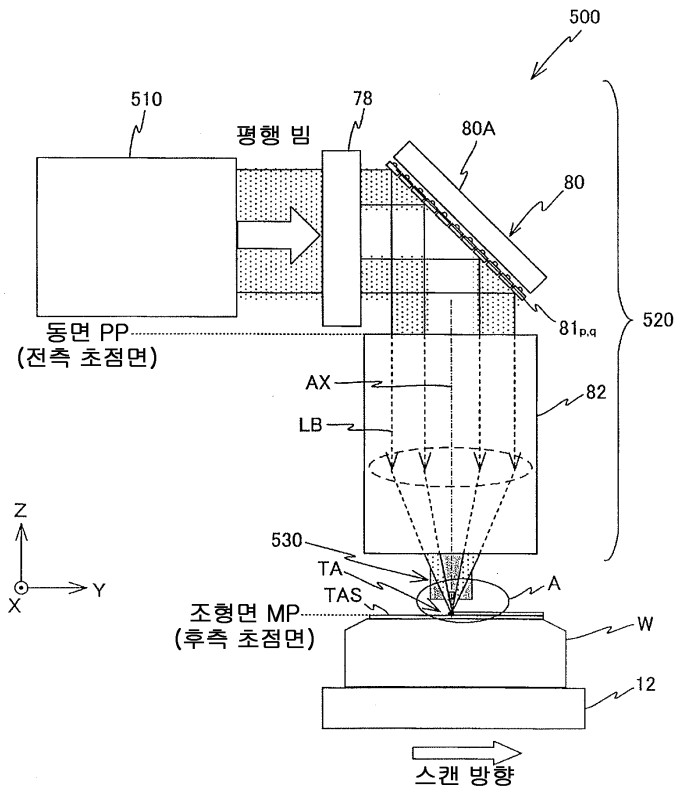
도면2



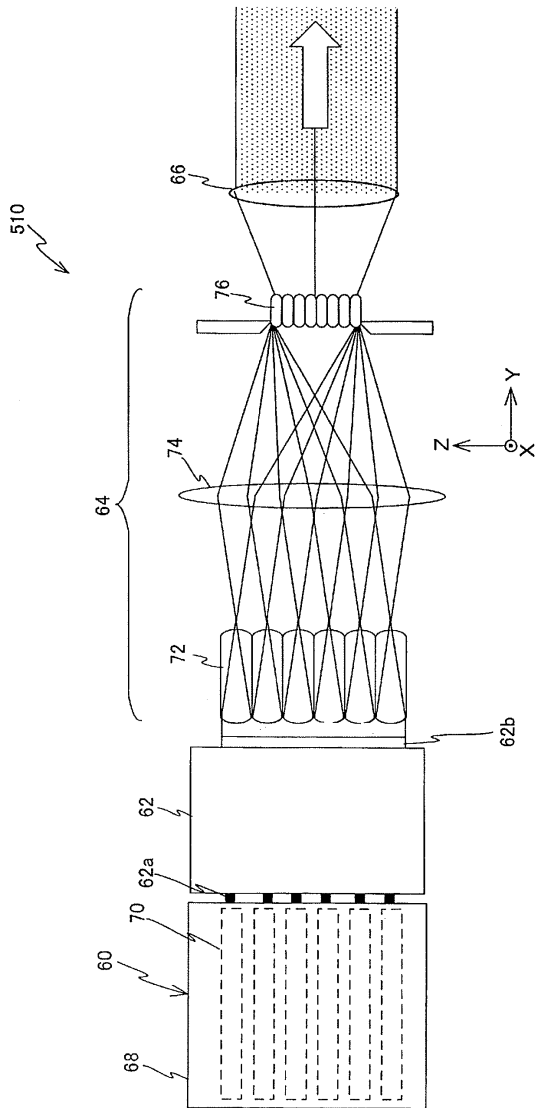
도면3



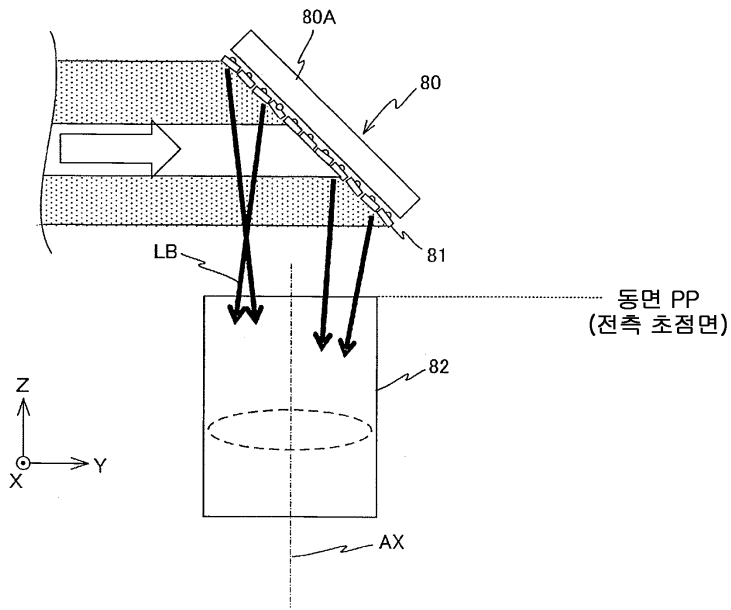
도면4



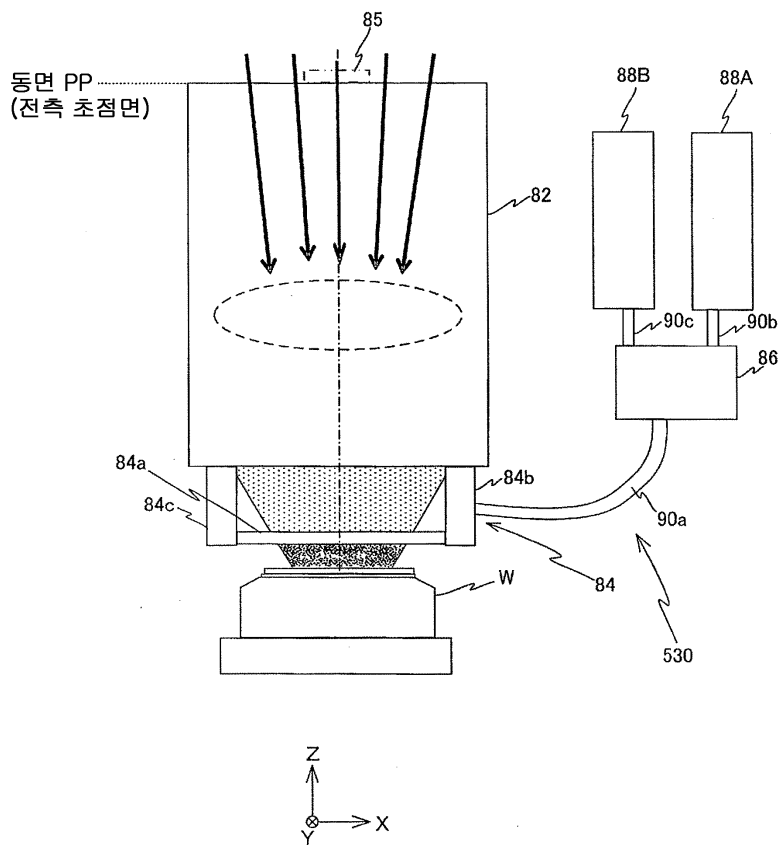
도면5



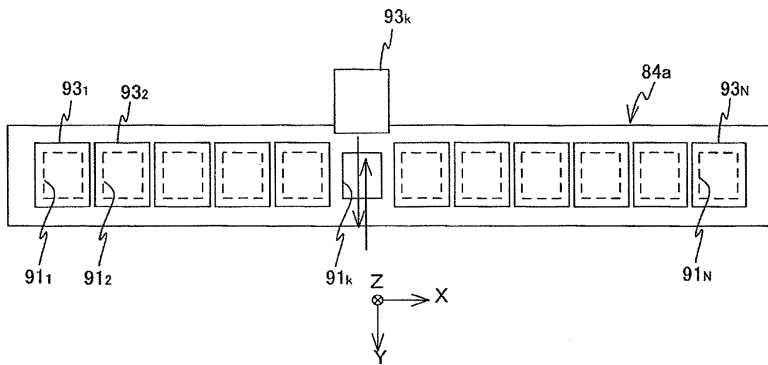
도면6



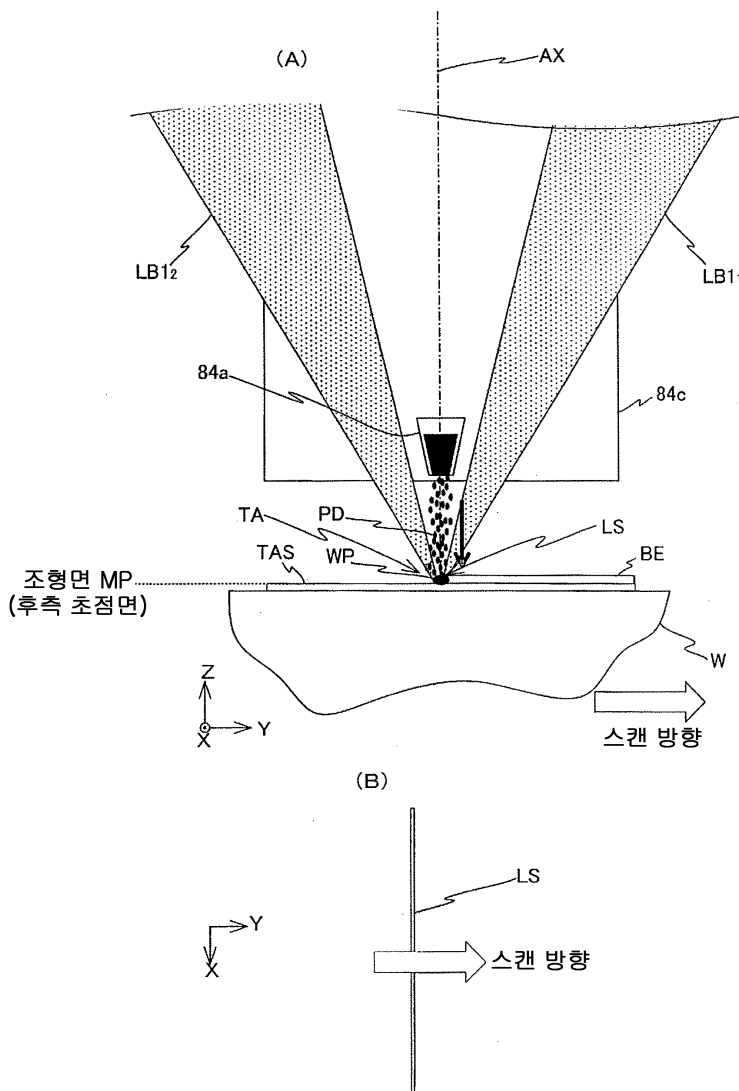
도면7



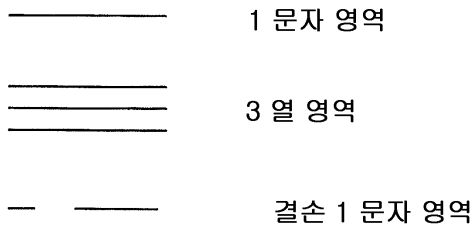
도면8



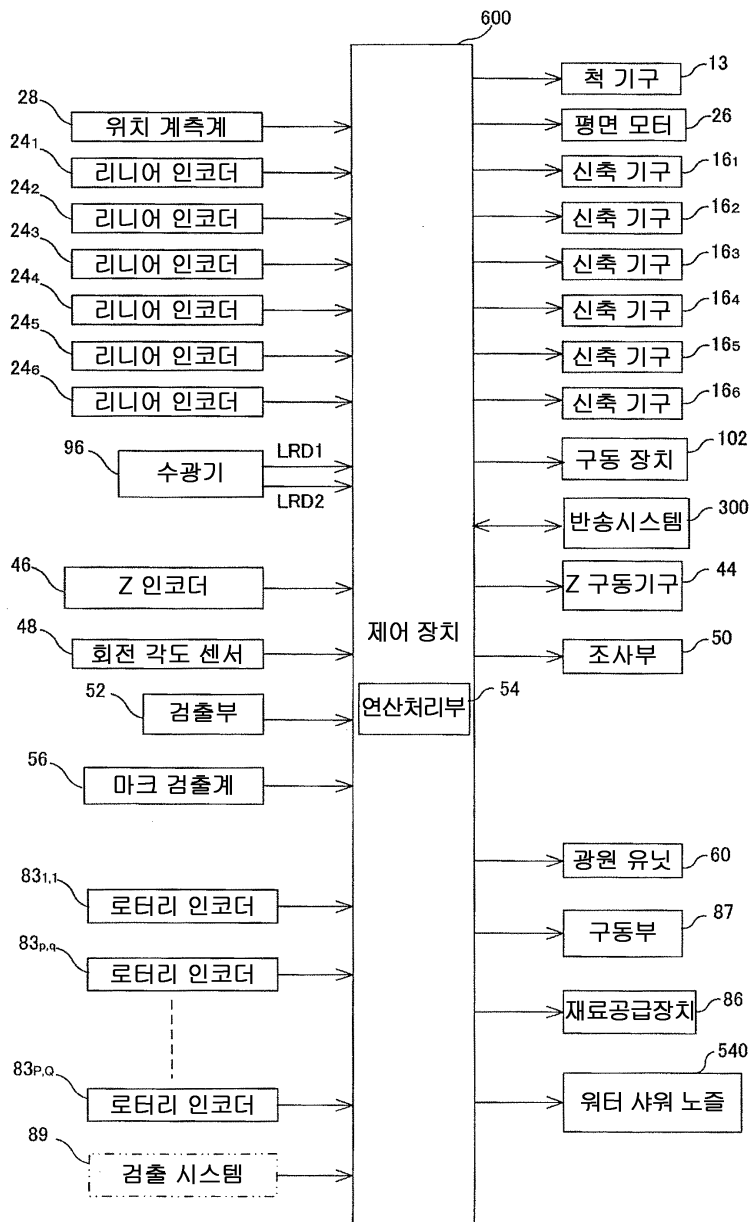
도면9



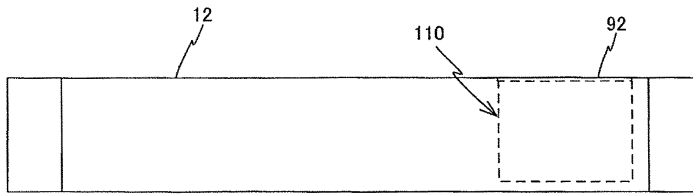
도면10



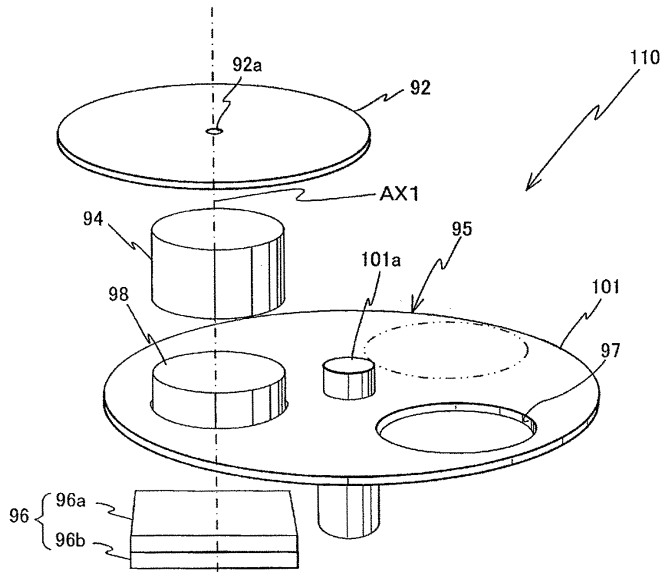
도면11



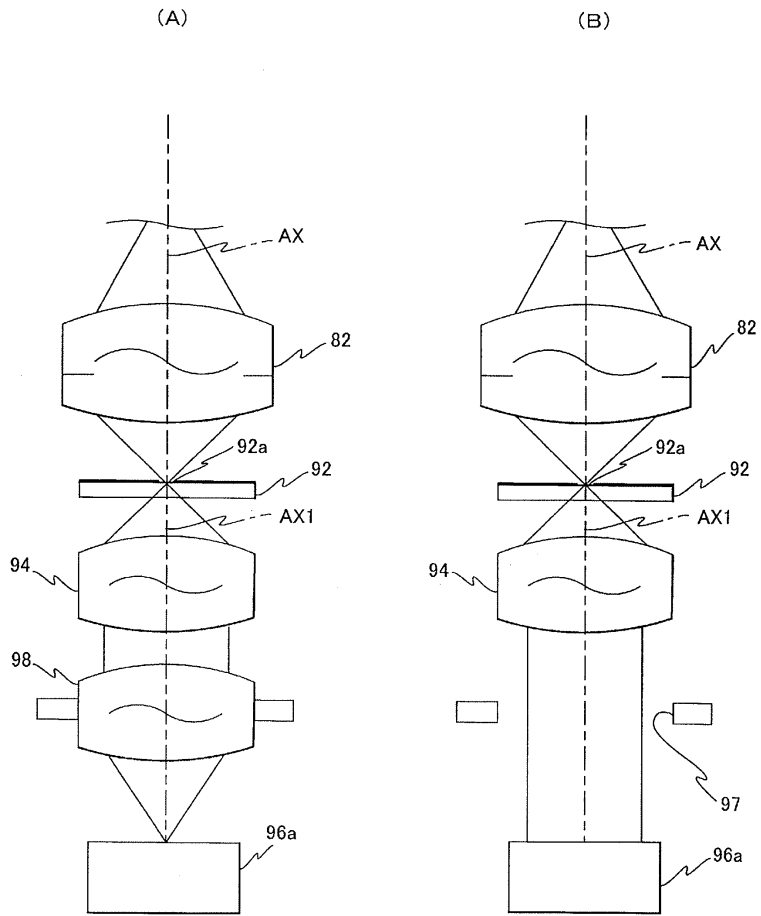
도면12



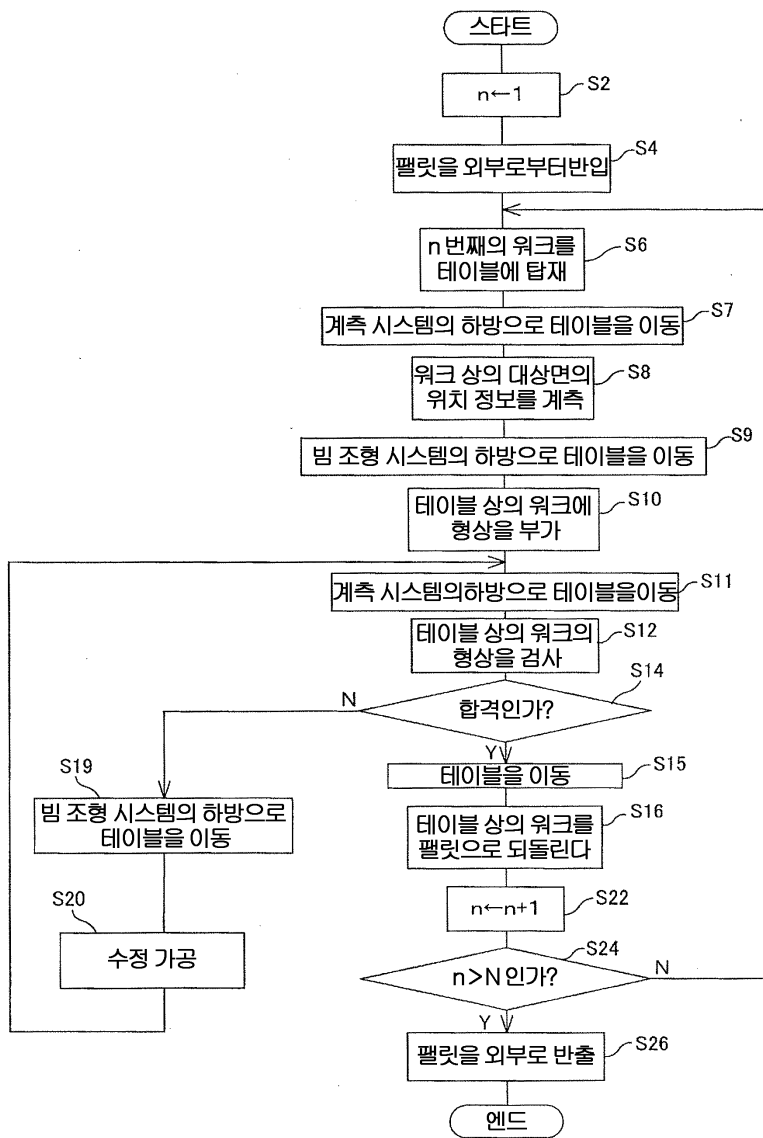
도면13



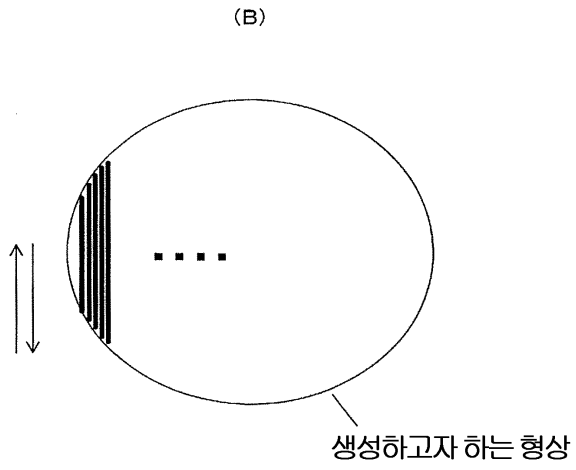
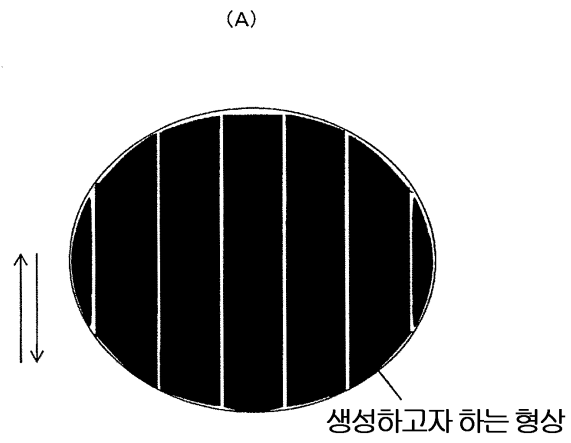
도면14



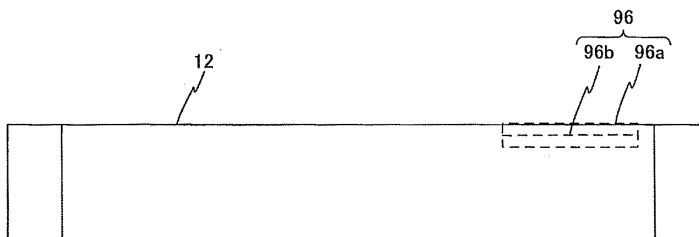
도면15



도면16



도면17



도면18

