



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년12월31일

(11) 등록번호 10-2747938

(24) 등록일자 2024년12월24일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/677 (2006.01) *B60L 13/04* (2006.01)
B65G 54/02 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 21/67709 (2013.01)
B60L 13/04 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-0179287
 (22) 출원일자 2020년12월21일
 심사청구일자 2022년06월16일
 (65) 공개번호 10-2021-0082088
 (43) 공개일자 2021년07월02일
 (30) 우선권주장
 JP-P-2019-233231 2019년12월24일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
 JP2012138522 A*
 (뒷면에 계속)

- (73) 특허권자
 캐논 가부시끼가이샤
 일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고
- (72) 발명자
 야마모토 다케시
 일본 1468501 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내
- (74) 대리인
 장수길, 이중희

전체 청구항 수 : 총 14 항

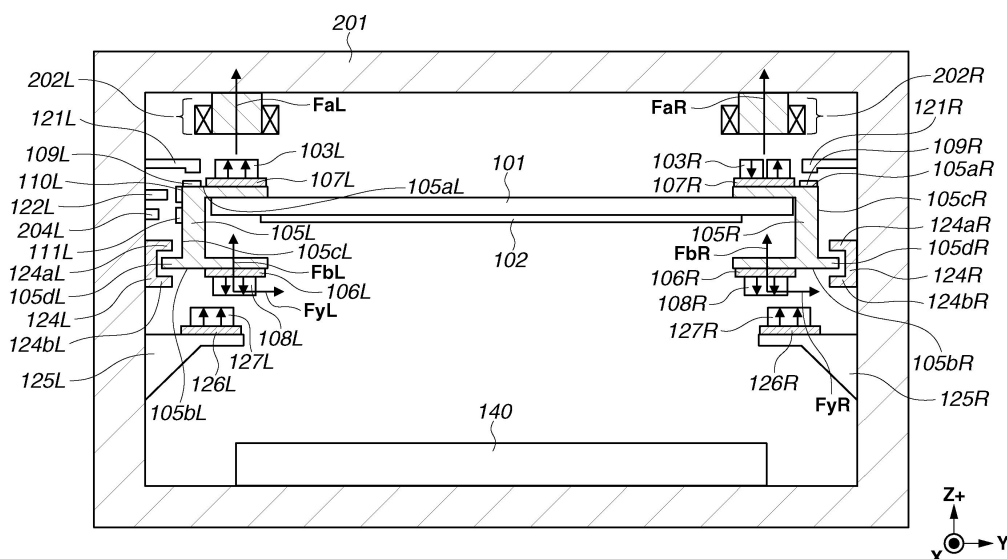
심사관 : 민지현

(54) 발명의 명칭 반송 장치 및 물품 제조 방법

(57) 요약

반송 장치는 복수의 코일이 제1 방향을 따라 배치되어 있는 고정자 및 복수의 코일을 따라 이동하는 가동 요소를 포함한다. 고정자는 제1 방향을 따라 배치되는 복수의 제1 자석을 포함하며 일 방향으로 자화되는 제1 자석 그룹을 포함한다. 가동 요소는 복수의 코일에 대향하도록 배치되는 복수의 제2 자석을 포함하는 제2 자석 그룹, 및 제1 자석 그룹에 대향하도록 배치되며 제1 자석 그룹과 반발하는 방향으로 자화되는 복수의 제3 자석을 포함하는 제3 자석 그룹을 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

B65G 54/02 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

JP60036222 A*

JP60249805 A*

KR1020120058478 A*

KR1020150078173 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

반송 장치이며,

복수의 코일이 제1 방향을 따라 배치되어 있는 고정자; 및

상기 복수의 코일을 따라 이동하도록 구성되는 가동 요소를 포함하고,

상기 고정자는, 상기 제1 방향을 따라서 배치되며, 일 방향으로 자화되는 복수의 제1 자석을 포함하는 제1 자석 그룹을 포함하며,

상기 가동 요소는, 상기 복수의 코일에 대향하도록 배치되는 복수의 제2 자석을 포함하는 제2 자석 그룹, 및 상기 제1 자석 그룹에 대향하도록 배치되고 상기 제1 자석 그룹과 반발하는 방향으로 자화되는 복수의 제3 자석을 포함하는 제3 자석 그룹을 포함하고,

상기 가동 요소를 부상시키는 방향으로 상기 가동 요소에 가해지는 힘은, 상기 복수의 코일의 코일들과 상기 제2 자석 그룹 사이의 상호 작용에 의해 발생된 힘과, 상기 제1 자석 그룹과 상기 제3 자석 그룹 사이의 반발력에 의해 제어되는 반송 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 자석 그룹 및 상기 제3 자석 그룹은 그들 사이에 중력의 방향으로 서로 반발하는 각각의 힘을 발생시키는 반송 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제3 자석 그룹은 상기 가동 요소의 저면에 배치되는 반송 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제3 자석 그룹은 상기 가동 요소의 상면에 배치되는 반송 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제3 자석 그룹은 상기 가동 요소의 상면에 대향하는 위치에 배치되는 반송 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 방향과 교차하는 제2 방향에서의 상기 제1 자석 그룹의 중심과 상기 제2 방향에서의 상기 제3 자석 그룹의 중심이 상기 제2 방향에서 서로 어긋나게 배치되는 반송 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 복수의 제3 자석 중 적어도 하나는 만곡된 형상을 갖는 반송 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 복수의 제3 자석 중 적어도 2개는 V 형상으로 배치되는 반송 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 가동 요소는, 측면에 상기 제1 방향을 따라서 배치되고 일 방향으로 자화되는 복수의 제4 자석을 포함하는 제4 자석 그룹을 더 포함하며,

상기 고정자는, 상기 제4 자석 그룹에 대향하는 위치에, 상기 제4 자석 그룹과 반발하는 방향으로 자화되는 복수의 제5 자석을 포함하는 제5 자석 그룹을 포함하는 반송 장치.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 복수의 코일 중 하나 이상은 코어를 갖는, 반송 장치.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 복수의 제2 자석은, 상기 제1 방향으로 자극이 변화도록 배치된 제1 자석 세트와, 상기 제1 방향과 교차하는 제2 방향으로 자극이 변화도록 배치된 제2 자석 세트를 포함하는, 반송 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제1 방향으로 상기 가동 요소에 가해지는 힘은, 상기 복수의 코일의 코일들과 상기 제1 자석 세트의 자석들 사이의 상호 작용에 의해 발생된 힘에 의해 제어되는, 반송 장치.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 가동 요소를 부상시키는 방향으로 상기 가동 요소에 가해지는 힘은, 상기 복수의 코일의 코일들과 상기 제1 자석 세트의 자석들 사이의 상호 작용에 의해 발생된 힘과, 상기 제1 자석 그룹과 상기 제3 자석 그룹 사이의 반발력에 의해 제어되는, 반송 장치.

청구항 14

물품의 제조 방법이며, 상기 제조 방법은,

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 따른 상기 반송 장치에 의해 반송되는 작업물을 가공함으로써 물품을 제조하는 단계를 포함하는 물품의 제조 방법.

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

발명의 설명

기술 분야

본 개시내용은 반송 장치 및 물품의 제조 방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 일반적으로, 공업 제품을 조립하기 위한 생산 라인이나 반도체 노광 장치에서 반송 장치가 사용된다. 특히, 생산 라인에서의 반송 장치는, 공장-자동화된 생산 라인 내 또는 생산 라인 사이 복수의 스테이션의 사이에서 부품 등의 작업물을 반송한다. 일부 경우에, 프로세스 장치에서 반송 장치가 사용된다. 반송 장치로서는, 이동-자석형 리니어 모터가 채용되는 반송 장치가 이미 제안되어 있다.
- [0003] 이동-자석형 리니어 모터에 의한 반송 장치는, 리니어 가이드 등의 기계적인 접촉을 수반하는 안내 장치를 포함한다. 리니어 가이드 등의 안내 장치가 채용되는 이러한 반송 장치에서는, 리니어 가이드의 활주 유닛에서 발생하는 오염 물질, 예를 들어 레일이나 베어링으로부터의 마모편, 윤활유, 또는 휘발된 윤활유 등에 의해 야기되는 생산성의 악화의 문제가 있었다. 또한, 고속 반송 시에는 활주 유닛의 마찰이 커지고, 이는 리니어 가이드의 동작 수명을 단축시킨다.
- [0004] 반송 장치의 해결에 있어서, 일본 특허 공개 공보 제2016-532308호는 반송 트레이를 비접촉 방식으로 반송할 수 있는 자기 부상 반송 장치를 기재하고 있다. 일본 특허 공개 공보 제2016-532308호에 기재되어 있는 바와 같은 자기 부상 반송 장치는, 반송 트레이의 반송 방향을 따라, 챔버의 상부에 배치된 부상용 전자석 및 챔버의 측면상의 고정자 코일을 일정 간격으로 사용함으로써 비접촉 반송을 실현한다.
- [0005] 그럼에도 불구하고, 아직은 가동 요소의 더 안정된 반송에 대한 요구가 해결되어야 한다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

- [0006] 본 개시내용의 일 양태에 따르면, 반송 장치는, 복수의 코일이 제1 방향을 따라 배치되어 있는 고정자; 및 상기 복수의 코일을 따라 이동하도록 구성되는 가동 요소를 포함하고, 상기 고정자는, 상기 제1 방향을 따라서 배치되며, 일 방향으로 자화되는 복수의 제1 자석을 포함하는 제1 자석 그룹을 포함하며, 상기 가동 요소는, 상기 복수의 코일에 대향하도록 배치된 복수의 제2 자석을 포함하는 제2 자석 그룹, 및 상기 제1 자석 그룹에 대향하도록 배치되고 상기 제1 자석 그룹과 반발하는 방향으로 자화되는 복수의 제3 자석을 포함하는 제3 자석 그룹을 포함한다.
- [0007] 본 개시내용의 추가적인 특징은 첨부된 도면을 참고한 예시적인 실시형태에 대한 다음의 설명으로부터 명확해질 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0008] 도 1은 본 개시내용의 제1 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
- 도 2a는 본 개시내용의 제1 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
- 도 2b는 본 개시내용의 제1 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
- 도 3은 본 개시내용의 제1 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
- 도 4는 본 개시내용의 제1 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
- 도 5는 본 개시내용의 제1 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
- 도 6은 본 개시내용의 제1 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
- 도 7은 본 개시내용의 제1 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
- 도 8a는 본 개시내용의 제1 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
- 도 8b는 본 개시내용의 제1 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
- 도 9a는 본 개시내용의 제1 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
- 도 9b는 본 개시내용의 제1 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
- 도 9c는 본 개시내용의 제1 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.

도 10은 본 개시내용의 제1 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
 도 11a는 본 개시내용의 제1 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
 도 11b는 본 개시내용의 제2 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
 도 12는 본 개시내용의 제1 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
 도 13은 본 개시내용의 제2 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
 도 14는 본 개시내용의 제3 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
 도 15는 고정자와 가동 요소의 상태를 도시하는 도면이다.
 도 16은 본 개시내용의 제4 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
 도 17은 본 개시내용의 제5 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
 도 18은 본 개시내용의 제6 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.
 도 19는 본 개시내용의 제7 예시적인 실시형태를 도시하는 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0009] [제1 예시적인 실시형태]
- [0010] 이하, 도 1 내지 도 9c를 참조하여 본 개시내용의 제1 예시적인 실시형태에 대해서 설명한다.
- [0011] 먼저, 본 예시적인 실시형태에 따른 반송 장치(1)의 전체 구성에 대해서 도 1을 참고해서 설명한다.
- [0012] 도 1은 본 예시적인 실시형태에 따른 가동 요소(101) 및 고정자(201)를 포함하는 반송 장치(1)의 전체 구성을 도시하는 개략도이다.
- [0013] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 예시적인 실시형태에 따른 반송 장치(1)는, 트롤리, 슬라이더 또는 캐리지를 포함하는 가동 요소(101)와 반송로를 형성하는 고정자(201)를 포함한다. 반송 장치(1)는 고정자(201)에 대하여 비접촉 방식으로 가동 요소(101)를 반송하는 자기 부상형 반송 장치로서 형성된다. 본 예시적인 실시형태에서는, 반송 장치(1)의 일례로서, 이동-자석형 리니어 모터(이동-영구-자석형 리니어 모터, 이동-필드-자석형 리니어 모터)가 채용되는 반송 장치를 예시하지만, 반송 장치(1)는 이동 코일에 의한 반송 장치일 수 있다.
- [0014] 예를 들어, 반송 장치(1)는, 고정자(201)에 대하여 상대적으로 가동 요소(101)를 반송함으로써, 가동 요소(101)와 함께 이동되는 작업물(102)을, 가공 작업을 실시하는 가공 장치에 반송한다. 그리고, 반송 장치(1)는, 작업물(102)에 가공 작업을 실시하고, 이어서 물품을 제조한다. 본 예시적인 실시형태에서는, 가공 장치의 일례로서 퇴적 장치를 나타낸다. 도 1에서, 퇴적 장치는 퇴적원(140)을 포함하며, 고정자(201)는 챔버를 형성한다. 즉, 퇴적 장치에는, 퇴적원에 대하여 상대적으로 가동 요소(101)와 함께 작업물(102)을 반송하는 반송 장치(1)가 제공된다. 도 1은 고정자(201)에 대해서 반송되는 1개의 가동 요소(101)를 나타내고 있지만, 가동 요소(101)의 수는 이것으로 제한되지 않는다. 반송 장치(1)에서는, 복수의 가동 요소(101)가 고정자(201)에 대하여 상대적으로 반송될 수 있다.
- [0015] 이제, 다음의 설명에서 사용되는 좌표축 및 방향에 대해서 정의한다. 먼저, 가동 요소(101)의 반송 방향인 수평 방향을 따라서 X축이 연장되고, 가동 요소(101)의 반송 방향은 X 방향으로서 설정된다. 또한, X 방향과 직교하는 방향인 연직 방향을 따라서 Z축이 연장되며, 연직 방향을 Z 방향으로서 설정한다. 또한, X 방향 및 Z 방향에 직교하는 방향을 따라서 Y축이 연장되고, X 방향 및 Z 방향에 직교하는 방향을 Y 방향으로서 설정한다. 또한, X축 둘레의 회전을 "W_x"에 의해 나타내고, Y축 둘레의 회전을 "W_y"로 나타내며, Z축 둘레의 회전을 "W_z"로 나타낸다. 또한, 굽셈의 기호로서 별표("*")를 사용한다. 또한, 가동 요소(101)의 중심을 원점(0)으로서 설정하며, Y+ 측을 R측으로서 기재하고, Y- 측을 L측으로서 기재한다. 가동 요소(101)의 반송 방향은 반드시 수평 방향으로 설정될 필요는 없다. 반송 방향이 수평 방향 이외의 방향으로 설정되는 경우에도, 반송 방향은 마찬가지로 X 방향으로서 설정될 수 있으며, Y 방향 및 Z 방향은 마찬가지로 X 방향에 기초하여 정의될 수 있다.
- [0016] 이어서, 본 예시적인 실시형태에 따른 반송 장치(1)에 의해 반송되는 가동 요소(101)에 대해서 도 1, 도 2a 및 도 2b를 참고해서 설명한다.

- [0017] 도 1은 X 방향으로부터 본 가동 요소(101) 및 고정자(201)를 도시하는 도면이다. 도 1의 좌측 절반은 도 2a의 (B)-(B) 선을 따라 취한 단면을 나타내고 있다. 또한, 도 1의 우측 절반은 도 2a의 (A)-(A) 선을 따라 취한 단면을 나타내고 있다.
- [0018] 영구 자석(103L 및 103R)은, X 방향으로 연장되는 가동 요소(101)의 상면의 L측 및 R측의 각각의 단부에 배치되어 부착된다. 구체적으로는, 가동 요소(101)의 상면의 R측에, 영구 자석(103aR, 103bR, 103cR, 및 103dR)이 부착된다. 또한, 가동 요소(101)의 상면의 L측에, 영구 자석(103aL, 103bL, 103cL, 및 103dL)이 부착된다. 이하의 설명에서는, 달리 상기 영구 자석들을 특별히 구별할 필요가 없는 한, 가동 요소(101)의 상면의 영구 자석을 "영구 자석(103)"으로서 설명한다. 또한, R측과 L측을 구별할 필요는 없지만, 각각의 개별 영구 자석(103)을 식별할 필요가 있는 경우, 참조 번호 후에 식별자로서 소문자 알파벳을 첨부하고 참조 번호의 말미에 대응하는 영구 자석(103)을 나타내는 "R" 또는 "L" 문자는 제외한 참조 번호를 사용하여 각각의 영구 자석(103)을 개별적으로 식별한다. 이 경우, 각각의 영구 자석(103)은 대응하는 영구 자석(103)을 "영구 자석(103a)", "영구 자석(103b)", "영구 자석(103c)", 또는 "영구 자석(103d)"으로서 기재함으로써 개별적으로 식별된다.
- [0019] 영구 자석(103aR 및 103dR)은, X 방향으로 연장되는 가동 요소(101)의 상면의 R측에서의 X 방향의 일 단부 및 다른 단부에 각각 부착된다. 영구 자석(103bR 및 103cR)은, 가동 요소(101)의 상면의 R측의 영구 자석(103aR 및 103dR) 사이에 부착된다. 영구 자석(103aR, 103bR, 103cR, 및 103dR)은, 예를 들어 X 방향으로 등간격으로 배치된다. 또한, 영구 자석(103aR, 103bR, 103cR, 및 103dR)은, 그들 각각의 중심이 예를 들어 가동 요소(101)의 상면의 중심으로부터 우측으로 미리결정된 거리(rx3)에서 X 방향을 따라 연장되는 직선 상에 정렬되도록 배치된다.
- [0020] 영구 자석(103aL 및 103dL)은, X 방향으로 연장되는 가동 요소(101)의 상면의 L측에서의 X 방향의 일 단부 및 다른 단부에 각각 부착된다. 영구 자석(103bL 및 103cL)은, 가동 요소(101)의 상면의 L측의 영구 자석(103aL 및 103dL) 사이에 부착된다. 영구 자석(103aL, 103bL, 103cL, 및 103dL)은, 예를 들어 X 방향으로 등간격으로 배치된다. 또한, 영구 자석(103aL, 103bL, 103cL, 및 103dL)은, 그들 각각의 중심이, 예를 들어 가동 요소(101)의 상면의 중심으로부터 좌측으로 미리결정된 거리(rx3)에서 X 방향을 따라 연장되는 직선 상에 정렬되도록 배치된다. 또한, 영구 자석(103aL, 103bL, 103cL, 및 103dL)은, X 방향에서 각각 영구 자석(103aR, 103bR, 103cR, 및 103dR)과 동일한 위치에 배치된다.
- [0021] 영구 자석(103a 및 103d)은, 가동 요소(101)의 중심인 원점(O)으로부터 X 방향의 일 단부 및 다른 단부쪽으로 거리(rz3)에 있는 각각의 위치에 부착된다. 영구 자석(103a, 103b, 103c, 및 103d)은 Y 방향에서 원점(O)으로부터 거리(rx3)에 있는 각각의 위치에 부착된다. 영구 자석(103c 및 103b)은, 원점(O)으로부터 X 방향의 일 단부 및 다른 단부쪽으로 거리(ry3)에 있는 각각의 위치에 부착된다.
- [0022] 영구 자석(103aR, 103dR, 103aL, 및 103dL) 각각은 Y 방향으로 배치되는 2개의 영구 자석의 세트이다. 영구 자석(103a 및 103d)은, 각각, 고정자(201) 측을 향하는 외측 자극의 극성이 교대로 달라지도록 Y 방향으로 배치되는 2개의 영구 자석을 포함한다. 영구 자석(103a 및 103d) 각각에서 Y 방향으로 배치되는 영구 자석의 수는 2개로 제한되지 않는다. 영구 자석의 수는 복수이면 된다. 또한, 영구 자석(103a 및 103d) 각각에 포함되는 영구 자석이 배치되는 방향은, 반송 방향인 X 방향과 직교하는 Y 방향일 필요는 없고, X 방향과 교차하는 방향이면 된다. 즉, 영구 자석(103a 및 103d) 각각은, 각각의 자극의 극성이 교대로 되게 X 방향과 교차하는 방향으로 배치되는 복수의 영구 자석을 포함하는 자석 그룹이면 된다.
- [0023] 한편, 영구 자석(103bR, 103cR, 103bL, 및 103cL) 각각은 X 방향으로 배치되는 3개의 영구 자석의 세트이다. 영구 자석(103b 및 103c)은, 각각, 고정자(201) 측을 향하는 외측의 자극의 극성이 교대로 달라지도록 X 방향으로 배치되는 3개의 영구 자석을 포함한다. 영구 자석(103b 및 103c) 각각에서 X 방향으로 배치되는 영구 자석의 수는 3개로 제한되지 않으며 복수이면 된다. 즉, 영구 자석(103b 및 103c) 각각은, 각각의 자극의 극성이 교대로 달라지도록 X 방향으로 배치되는 복수의 영구 자석을 포함하는 자석 그룹이면 된다.
- [0024] 영구 자석(103)은, 가동 요소(101)의 상면의 R측 및 L측에 제공된 요크(yoke)(107)에 부착된다. 요크(107)는 철 등의 투자율의 큰 재료로 이루어진다.
- [0025] 이러한 방식으로, 가동 요소(101)의 상면의 R측 및 L측에는, X 방향으로 연장되는 가동 요소(101)의 중심축에 대응하는 대칭축을 중심으로 대칭으로 복수의 영구 자석(103)이 배치된다. 아래에서 설명되는 바와 같이, 영구 자석(103)이 배치되는 가동 요소(101)는, 고정자(201)의 복수의 코일(202)에 전류가 인가될 때 영구 자석(103)이 받는 힘(전자기력)에 의해 배향이 6축을 따라 제어되면서 이동 가능하게 구성된다. 또한, 영구 자석(103)은

제2 자석 그룹이라 지칭되기도 한다. 제2 자석 그룹에 포함되는 복수의 영구 자석(103a, 103b, 103c 및 103d)을 제2 자석이라 지칭하기도 한다. 제2 자석은 영구 자석으로 제한되지 않고, 전자석일 수 있다.

[0026] 또한, X 방향의 가동 요소(101)의 저면의 L측 및 R측의 단부에, 영구 자석(108)이 2열로 배치된다. 구체적으로는, 가동 요소(101)의 저면의 R측에 영구 자석(108R)이 부착된다. 또한, 가동 요소(101)의 저면의 L측에 영구 자석(108L)이 부착된다. 이하의 설명에서는, 달리 영구 자석들을 특별히 구별할 필요가 없는 한, 가동 요소(101)의 저면 영구 자석을 "영구 자석(108)"이라 기재한다.

[0027] 각각의 영구 자석(108)은, 가동 요소(101)의 저면의 R측 및 L측에 제공된 요크(106R 및 106L)에 부착된다. 요크(106R 및 106L)는 철 등의 투자율이 큰 재료로 이루어진다.

[0028] 전력이 OFF된 경우 같이 전자기력을 사용한 제어가 행해지지 않는 경우에도, 후술하는 고정자(201)에 제공된 영구 자석(127)과 영구 자석(108) 사이에 발생하는 반발력에 의해 가동 요소(101)의 위치가 유지될 수 있다. 즉, 영구 자석(108)과 고정자(201)에 제공된 영구 자석(127) 사이에, 중력의 방향과 평행한 방향으로 반발하는 힘이 발생될 수 있다. 더 구체적으로는, 복수의 영구 자석(127)을 일 방향으로 자화시키고, 복수의 영구 자석(127)에 대향하는 복수의 영구 자석(108)을 일 방향으로 자화된 복수의 영구 자석(127)과 반발하는 방향으로 자화시킴으로써, 서로 반발하는 힘이 발생될 수 있다. 또한, 영구 자석(108)을 제3 자석 그룹이라 지칭하기도 한다. 제3 자석 그룹에 포함되는 복수의 영구 자석(108R 및 108L)을 제3 자석이라 지칭하기도 한다. 제3 자석은 영구 자석으로 제한되지 않고 전자석일 수 있다.

[0029] 가동 요소(101)는, 반송될 작업물(102)이 그 상면 또는 저면에 배치 또는 부착된 상태에서 반송된다. 가동 요소(101)는, 작업물(102)을 가동 요소(101) 상에 보유지지하는 작업물 보유지지부 등의 보유지지 기구를 포함할 수 있다.

[0030] 또한, 가동 요소(101)는, 가동 요소 어댑터(105)(105L 및 105R)에 부착될 수 있다. 이 경우, 영구 자석(103L 및 108L)은 가동 요소 어댑터(105L)에 부착되며, 영구 자석(103R 및 108R)은 가동 요소 어댑터(105R)에 부착된다.

[0031] 가동 요소(101)가 가동 요소 어댑터(105)를 포함하는 경우, 가동 요소(101)의 형상이 변화해도 가동 요소는 가동 요소 어댑터(105)에 부착가능하며, 가동 요소(101)는 가동 요소(101)의 설계를 변경하지 않고 반송될 수 있다. 본 명세서에서, 가동 요소(101)는, 보유지지 기구를 포함할 수 있거나, 가동 요소 어댑터(105)를 포함할 수 있다.

[0032] 가동 요소 어댑터(105L 및 105R)는, 각각, 상면(105aL 및 105aR), 저면(105bL 및 105bR), 및 측면(105cL 및 105cR)을 갖는다. 본 예시적인 실시형태에서는, 측면(105cL 및 105cR)은 각각 측면(105cL 및 105cR)으로부터 돌출되는 돌출부(105dL 및 105dR)를 갖는다. 또한, 고정자(201)에 부착된 스톱퍼(124)의 상위 돌출부(124a)와 하위 돌출부(124b) 사이에 돌출부(105d)가 돌출한다. 이 구성에 의해, 가동 요소(101)의 부상 상태가 변화해도, 스톱퍼(124)에 의해 그 가동 범위(상위 돌출부(124a)와 하위 돌출부(124b) 사이)를 규제할 수 있다.

[0033] 이어서, 본 예시적인 실시형태에 따른 반송 장치(1)의 고정자(201)에 대해서 도 1, 도 3 및 도 10을 참고해서 설명한다.

[0034] 도 3은 고정자(201)의 코일(202)을 도시하는 개략도이다. 도 3은 Z 방향의 아래로부터 위를 향해 본 코일(202)을 도시하는 도면이다.

[0035] 도 3은, 복수의 코일(202)이 가동 요소(101)의 반송 방향인 X 방향을 따라서 배치되는 고정자(201)의 일례를 도시한다. 복수의 코일(202)은 가동 요소(101)의 상면의 L측 및 R측에 배치된 영구 자석(103L, 103R)에 대향하도록 고정자(201)에 부착된다. 코일(202L)은 L측의 영구 자석(103L)에 대향하도록 배치되며, 코일(202R)은 R측의 영구 자석(103R)에 대향하도록 배치된다. 이하의 설명에서는, 달리 코일들을 특별히 구별할 필요가 없는 한, 코일을 "코일(202)"이라 기재한다. 고정자(201)는 반송 방향인 X 방향으로 연장됨으로써 가동 요소(101)의 반송로를 형성한다.

[0036] 도 1에 도시된 바와 같이, 고정자(201)를 따라 반송되는 가동 요소(101)는, L측에, 리니어 스케일(111L), Y 타깃(110L), 및 Z 타깃(109L)을 포함한다. 유사한 방식으로, 가동 요소(101)는 R측에 Z 타깃(109R)을 포함한다. 이하의 설명에서는, 달리 특별한 구별이 필요하지 않은 한, 리니어 스케일을 리니어 스케일(111)이라 기재하고, Y 타깃을 Y 타깃(110)이라 기재하며, Z 타깃을 Z 타깃(109)이라 기재한다. 리니어 스케일(111), Y 타깃(110) 및 Z 타깃(109)은, 예를 들어 X 방향을 따라서 가동 요소(101)의 측면에 부착된다. 본 명세서에서 Y 타깃은 Y

센서에 의해 검출되는 돌기이다. Y 센서와 Y 타깃 사이의 거리를 검출함으로써, Y 방향의 위치를 구할 수 있다. 유사한 방식으로, Z 타깃은 Z 센서에 의해 검출되는 돌기이다. Z 센서와 Z 타깃 사이의 거리를 검출함으로써, Z 방향의 위치를 구할 수 있다.

- [0037] 도 1에 도시된 바와 같이, 고정자(201)는, L측에, 복수의 코일(202L), 복수의 리니어 인코더(204L), 복수의 Y 센서(122L), 및 복수의 Z 센서(121L)를 포함한다. 유사한 방식으로, 고정자(201)는, R측에, 복수의 코일(202R) 및 복수의 Z 센서(121R)를 포함한다. 이하의 설명에서는, 달리 코일 사이를 특별히 구별할 필요가 없는 한, 코일을 코일(202)이라 기재하고, 리니어 인코더를 리니어 인코더(204)라 기재하고, Y 센서를 Y 센서(122)라 기재하며, Z 센서를 Z 센서(121)라 기재한다.
- [0038] 복수의 코일(202)은, 가동 요소(101)의 상면의 R측 및 L측의 영구 자석(103)과 대향하도록 X 방향을 따라서 2열로 배치되며 고정자(201)에 부착된다. 복수의 코일(202R)은 가동 요소(101)의 R측의 영구 자석(103aR, 103bR, 103cR, 및 103dR)과 대향하도록 X 방향을 따라 R측에 1열로 배치된다. 또한, 가동 요소(101)에 대향하는 L측에 1열로 배치된 복수의 코일(202L)의 면은 가동 요소(101)의 L측의 영구 자석(103aL, 103bL, 103cL, 및 103dL)에 대향하도록 X 방향을 따라 배치된다.
- [0039] 본 예시적인 실시형태에서는, 가동 요소(101)의 R측 및 L측의 코일(202)의 열은, 포함된 복수의 영구 자석의 배치 방향이 상이한 영구 자석(103a 및 103d) 및 영구 자석(103b 및 103c)에 대향하도록 배치된다. 따라서, 아래에서 설명되는 바와 같이, 더 적은 수의 열의 코일(202)을 사용하여 반송 방향 및 반송 방향과는 상이한 방향으로 가동 요소(101)에 힘을 인가할 수 있으며, 따라서 가동 요소(101)의 반송 제어 및 배향 제어를 실현할 수 있다.
- [0040] 이렇게 해서, 복수의 코일(202)은, 가동 요소(101)가 반송되는 방향을 따라서 부착된다. 복수의 코일(202)은 X 방향으로 미리결정된 간격으로 배치된다. 또한, 각 코일(202)은 그 중심축이 Z 방향을 향하도록 부착된다. 또한, 코일(202)은 코어에 감겨 있는 코일을 지칭한다. 본 예시적인 실시형태에서, 코일의 위치는 코어의 위치를 나타낸다.
- [0041] 복수의 코일(202)에서의 전류는, 예를 들어 3개의 코일 단위로 제어된다. 전력 공급 제어되는 코일(202)의 단위를 "코일 유닛(203)"이라 기재한다. 코일(202)은, 전력이 공급됨으로써, 코일(202)과 가동 요소(101)의 영구 자석(103) 사이에 전자기력을 발생시킴으로써 가동 요소(101)에 힘을 인가할 수 있다.
- [0042] 도 1 내지 도 3에서, 영구 자석(103a 및 103d)은 2개의 영구 자석이 Y 방향으로 배치된 자석 그룹을 각각 포함한다. 한편, 코일(202)은, 영구 자석(103a 및 103d) 각각의 2개의 영구 자석의 Y 방향의 중심이 코일(202)의 Y 방향의 중심에 대응하도록 배치된다. 영구 자석(103a 및 103d)에 대향하는 코일(202)에 전력을 공급함으로써, Y 방향으로 작용하는 힘이 영구 자석(103a 및 103d)에 발생된다.
- [0043] 또한, 영구 자석(103b 및 103c)은 X 방향으로 3개의 영구 자석이 배치된 자석 그룹을 각각 포함한다. 영구 자석(103b, 103c)에 대향하는 코일(202)에 전력을 공급함으로써, X 방향 및 Z 방향으로 작용하는 힘이 영구 자석(103b 및 103c)에 발생된다.
- [0044] 복수의 리니어 인코더(204)는, 가동 요소(101)의 각각의 리니어 스케일(111)과 대향하도록 X 방향을 따라서 고정자(201)에 부착된다. 각 리니어 인코더(204)는, 가동 요소(101)에 부착된 리니어 스케일(111)을 관측함으로써 가동 요소(101)의 리니어 인코더(204)에 대한 상대적인 위치를 검출 및 출력할 수 있다.
- [0045] 복수의 Y 센서(122)는, 가동 요소(101)의 각각의 Y 타깃(110)과 대향하도록 X 방향을 따라서 고정자(201)에 부착된다. 각 Y 센서(122)는, 가동 요소(101)에 부착된 Y 타깃(110)과 Y 센서(122) 사이의 Y 방향의 상대 거리를 검출 및 출력할 수 있다.
- [0046] 복수의 Z 센서(121)는, 가동 요소(101)의 각각의 Z 타깃(109)과 대향하도록 X 방향을 따라서 2열로 고정자(201)에 부착된다. 각 Z 센서(121)는, 가동 요소(101)에 부착된 Z 타깃(109)과의 Z 센서(121) 사이의 Z 방향의 상대 거리를 검출 및 출력할 수 있다.
- [0047] 도 10은 고정자(201)의 영구 자석(127L 및 127R)을 도시하는 개략도이다. 도 10은 Z 방향에서 위로부터 아래를 향해서 본 영구 자석(127L 및 127R)을 도시하는 도면이다.
- [0048] 복수의 영구 자석(127)은, 가동 요소(101)의 저면의 L측 및 R측에 배치된 영구 자석(108L 및 108R)에 대향하도록 도 10에 도시된 고정자(201)에 부착된다. 영구 자석(127L)이 L측의 영구 자석(108L)에 대향하도록 배치되며, 영구 자석(127R)이 R측의 영구 자석(108R)에 대향하도록 배치된다. 영구 자석(127L)은 고정자(201)

에 제공된 요크(126L)에 부착될 수 있다. 영구 자석(127R)은 고정자(201)에 제공된 요크(126R)에 부착될 수 있다. 요크(126)는 철 등의 투자율이 큰 재료로 이루어진다. 영구 자석(127L)은 브라켓(125L)을 통해서 고정자(201)에 부착될 수 있으며, 영구 자석(127R)은 브라켓(125R)을 통해서 고정자(201)에 부착될 수 있다.

[0049] 또한, 이하의 설명에서는, 달리 영구 자석들을 특별히 구별할 필요가 없는 한, 영구 자석을 "영구 자석(127)"이라고 기재한다.

[0050] 도 1에서, 영구 자석(108L 및 108R)과 영구 자석(127L 및 127R)의 내부의 화살표는 각각의 대응하는 영구 자석의 자화 방향을 나타낸다. 예를 들어, 화살표의 끝이 N극을 나타내며, 화살표의 근부가 S극을 나타낸다. 도 1에 도시되어 있는 바와 같이, 영구 자석(108L) 및 영구 자석(127L)의 자화 방향은 Z 방향에서 반대 방향에 있다. 따라서, 영구 자석(108L)과 영구 자석(127L)이 서로 근접해지면, 서로 반발하는 방향으로 힘이 증가한다. 유사한 방식으로, 영구 자석(108R) 및 영구 자석(127R)의 자화 방향은 Z 방향에서 반대 방향에 있다. 따라서, 영구 자석(108R)과 영구 자석(127R)이 서로 근접해지면, 서로 반발하는 방향으로 힘이 증가한다. 또한, 영구 자석(127)은 제1 자석 그룹을 지칭하기도 한다. 제1 자석 그룹에 포함되는 복수의 영구 자석(127R 및 127L)을 제1 자석이라고도 지칭한다. 제1 자석은 영구 자석으로 제한되지 않고, 전자석일 수 있다.

[0051] 영구 자석(127L)은, 영구 자석(108L)과 대향하는 위치에서 고정자(201)에 부착되며, 스톱퍼(124)에 의해 규제되는 Z 방향의 가동 범위로부터 떨어져 있다. 유사한 방식으로, 영구 자석(127R)은, 영구 자석(108R)과 대향하는 위치에서 고정자(201)에 부착되며, 스톱퍼(124)에 의해 규제되는 가동 범위로부터 떨어져 있다.

[0052] 또한, 영구 자석(108L)과 영구 자석(127L), 및 영구 자석(108R)과 영구 자석(127R)은 그 중심 위치가 Y 방향에서 미리 어긋나게 배치된다. 도 1에서는, 영구 자석(127L)은 영구 자석(108L)에 대해 외측에 배치된다. 유사한 방식으로, 영구 자석(127R)은 영구 자석(108R)에 대해 외측에 배치된다. 이러한 방식으로 영구 자석을 배치함으로써, 후술하는 바와 같이, 포텐셜 에너지(potential energy)가 최소가 되는 Y 방향의 위치의 주위에서 코일(202)에 전력이 공급되지 않는 상태에서도, 가동 요소(101)의 위치는 Y 방향에서 안정된 위치에 유지될 수 있다.

[0053] 가동 요소(101)와 고정자(201)의 상태를 도 15를 참고해서 설명한다.

[0054] 도 15는 영구 자석 사이에 작용하는 힘의 크기의 실험 결과의 일례이다.

[0055] 도 15에 도시된 그래프에서, Z 방향의 위치가 횡축에 표시되고 Z 방향으로 작용하는 힘의 크기가 종축에 표시된다.

[0056] 코일(202)과 영구 자석(103) 사이에 흡인력(1501)이 작용하며, 영구 자석(108)과 영구 자석(127) 사이에 반발력(1502)이 작용한다. 흡인력(1501)과 반발력(1502)은 양자 모두 상향이다. 예를 들어, 가동 요소(101)의 중량이 1500 kg인 경우, 합력(1503)이 15000 N일 때에 $Z = Z_t$ 및 $Z = Z_b$ 근방에서 힘이 균형을 이룬다.

[0057] 특히 $Z = Z_b$ 근방에서는, Z가 Z_b 보다 작아지면, 합력(1503)은 가동 요소(101)가 받는 중력보다 커져서, 상측 방향으로 가속도가 발생한다. 반대로, Z가 Z_b 보다 커지면, 합력(1503)은 가동 요소(101)가 받는 중력보다도 작아지므로, 하측 방향으로 가속도가 발생한다. 따라서, $Z = Z_b$ 근방에서, 가동 요소(101)의 위치가 안정된다.

[0058] 실험 결과에 기초하여, Z 방향의 위치가 Z+ 방향을 향해 이동함에 따라 흡인력(1501)의 그래프의 기울기는 커지는 것이 확인되었다. 또한, 반대로, Z 방향의 위치가 Z- 방향을 향해 이동함에 따라 영구 자석 사이의 반발력(1502)의 그래프의 기울기는 커지는 것이 확인되었다.

[0059] 이러한 발견으로부터, 코일(202) 및 코일(202)과 대향하는 영구 자석(103), 및 영구 자석(108) 및 영구 자석(108)과 대향하는 영구 자석(127)의 위치 및 크기를 적절하게 선택함으로써, 코일(202)에 전력이 공급되지 않는 상태에서도, 그 위치가 안정될 수 있다는 것을 알 수 있다.

[0060] 상기와 같은 점은 포텐셜 에너지의 개념에 기초하여 도 11a를 참고하여 더 상세하게 설명된다.

[0061] 도 11a는 가동 요소(101)가 받는 힘의 크기를 개략적으로 도시하는 도면이다.

[0062] 도 11a에서, 횡축은 Z+ 방향의 위치를 나타내고, 종축은 가동 요소(101)가 받는 Z 방향의 힘의 크기(F_z) 및 가동 요소(101)의 포텐셜 에너지(ΦZ)를 나타낸다.

[0063] 이하, 코일(202)에 전력이 공급되지 않는 상태에서 받는 힘에 대해서 설명한다.

- [0064] 가동 요소(101)가 받는 힘의 크기(F_z)는, 영구 자석(103)이 코일(202)에 흡인되는 힘(F_a), 영구 자석(108)이 영구 자석(127)에 의해 밀어올려지는 힘(F_b), 및 중력($-mg$)을 포함한다. 코일(202)은 코어를 갖기 때문에, 코일(202)에 전류가 인가되지 않는 상태에서도, 흡인력이 작용한다.
- [0065] $F_z = F_a + F_b - mg$
- [0066] 간단화를 위해서, 도 11a에서는, 힘(F_b)을 역 방식(inversed manner)으로 표시한다.
- [0067] $F_a - mg$: 1101a 및 $-F_b$: 1102a가 설정될 때, $F_z = F_a + F_b - mg = (F_a - mg) - (-F_b)$ 가 얻어진다. 따라서, 크기(F_z)는 도 11a에서 화살표(1106a)로 나타내는 크기가 된다. 즉, $Z = Z_b$ 로부터 $Z = Z_t$ 의 구간에서는, 하향의 힘을 받게 되고, 다른 구간에서는, 상향의 힘을 받게 된다.
- [0068] 이러한 점을 포텐셜 에너지(ΦZ)에 기초하여 설명한다.
- [0069] 가동 요소(101)의 포텐셜 에너지(ΦZ)는 가동 요소(101)가 받는 힘(F)에 대항해서 가동 요소(101)를 이동시키는 힘의 적분에 의해 정의되기 때문에, " \int "를 적분 기호로서 사용하여, 포텐셜 에너지(ΦZ)를 $\Phi Z = -\int (F_a + F_b - mg)dz + \text{상수}$ 로서 정의한다.
- [0070] 적절한 상수를 설정하면, 포텐셜 에너지(ΦZ)(1103a)는, 도 11a에 도시된 바와 같은 포텐셜 에너지가 되고, $Z = Z_b$ 에서 최소값을 갖고 $Z = Z_t$ 에서 최대값을 갖는다. 물체는 포텐셜 에너지가 최소가 되는 위치에서 안정되기 때문에, 물체는 $Z = Z_b$ 에서 안정된다.
- [0071] 이때, 스톱퍼(124)의 위치를 조정해서 가동 요소(101)의 가동 범위를 1107a 내지 1108a의 범위로 제한하면, 코일(202)에 의해 행해지는 전기적인 제어가 정지되는 경우에도, 가동 요소(101)는 $Z = Z_b$ 의 위치에서 안정된다.
- [0072] 유사한 방식으로, 가동 요소(101)가 받는 Y 방향의 힘의 크기를 도 12를 참고하여 설명한다.
- [0073] 이때, 가동 요소(101)의 포텐셜 에너지(Φ_y)는 $\Phi_y = -\int (F_{yL} + F_{yR})dy + \text{상수}$ 로서 정의된다.
- [0074] 식에서, " F_{yL} "은 L측의 영구 자석(영구 자석(127L) 및 영구 자석(108L))으로부터 받는 Y 방향의 힘의 크기를 나타내고, " F_{yR} "은 R측의 영구 자석(영구 자석(127R) 및 영구 자석(108R))으로부터 받는 Y 방향의 힘 크기를 나타낸다.
- [0075] 이때, 힘(F_{yL})(1201)은 정의 방향으로 작용하도록 설정되고, 힘(F_{yR})(1202)을 역 방식으로 기재하면, $\Phi_y = -\int (F_{yL} - (-F_{yR}))dy + \text{상수}$ 가 얻어진다. 따라서, 포텐셜 에너지(Φ_y)는 화살표(1122)에서의 힘의 크기를 적분하여 얻은 값이 되고, Φ_y (1203)로 나타낸 바와 같은 형상이 얻어진다.
- [0076] Φ_y (1203)는 $Y = Y_c$ 에서 최소값이 되기 때문에, Z 방향과 마찬가지로, 가동 요소(101)는 $Y = Y_c$ 의 위치에서 안정된다.
- [0077] 상술한 구성에서는, 가동 요소(101)는 코일(202)에 전력이 공급되지 않는 상태에서도 $Z = Z_b$ 및 $Y = Y_c$ 의 위치에서 안정된다.
- [0078] 본 예시적인 실시형태에서는, 영구 자석(127)의 중심과 영구 자석(108)의 중심은, 반송 방향(X 방향)과 교차하는 방향(Y 방향)에서 그 위치가 어긋나게 배치됨으로써 Y 방향에서 제어될 수 있고 안정될 수 있다. 더 구체적으로는, 반송 방향(X 방향)과 교차하는 방향(Y 방향)에서의 위치를 미리결정된 거리만큼 어긋나게 해서 배치함으로써, 중심이 Y 방향에서 제어될 수 있고 안정될 수 있다. 그럼에도 불구하고, 구성은 상기의 것으로 제한되지 않는다. 예를 들어, 영구 자석이 서로 반발하도록 Y 방향에서 영구 자석을 추가로 설치함으로써 위치가 안정될 수 있다.
- [0079] 본 예시적인 실시형태에서는, 도 11a에 도시된 바와 같이, 포텐셜 에너지(ΦZ)가 최대값이 되는 위치(Z_t) 및 포텐셜 에너지(ΦZ)가 최소값이 되는 위치(Z_b)는 $Z_b < Z_t$ 의 관계에 있다. 이 경우, 가동 요소(101)는, 반발을 위한 영구 자석(영구 자석(127 및 108))이 제공되지 않을 때 $F_z - mg = 0$ 이 얻어지는 위치, 즉 코일(202)과 영구 자석(103) 사이에 작용하는 흡인력과 가동 요소(101)의 중력이 균형을 이루는 위치(Z_0)보다 코일(202)로부터 더 먼 위치에 존재한다.
- [0080] 이 구성에서는, 코일(202)과 영구 자석(103) 사이에 작용하는 추진력의 상수가 위치 $Z = Z_0$ 에서보다 작아지기 때문에, 가동 요소(101)가 반송될 때에 흐르는 전류는 위치 $Z = Z_0$ 에서의 것보다 그 양만큼 커진다.
- [0081] 이어서, 본 예시적인 실시형태에 따른 반송 장치(1)를 제어하는 제어 시스템에 대해서 도 4를 참조해서 또한 설

명한다. 도 4는, 본 예시적인 실시형태에 따른 반송 장치(1)를 제어하는 제어 시스템을 도시하는 개략도이다.

- [0082] 도 4에 도시된 바와 같이, 제어 시스템은, 통합 컨트롤러(301), 코일 컨트롤러(302), 및 센서 컨트롤러(304)를 포함하며, 가동 요소(101)와 고정자(201)를 포함하는 반송 장치(1)를 제어하는 제어 장치로서 기능한다. 코일 컨트롤러(302)는 통신이 행해질 수 있는 방식으로 통합 컨트롤러(301)에 연결되어 있다. 또한 센서 컨트롤러(304)는 통신이 행해질 수 있는 방식으로 통합 컨트롤러(301)에 연결되어 있다.
- [0083] 복수의 전류 컨트롤러(303)가 통신이 행해질 수 있는 방식으로 코일 컨트롤러(302)에 연결되어 있다. 코일 컨트롤러(302) 및 코일 컨트롤러(302)에 연결되는 복수의 전류 컨트롤러(303)는 2열의 코일(202)(도 1 참조)의 각각의 열에 대응하도록 제공된다. 복수의 코일(202)(도 1 참조)을 포함하는 코일 유닛(203)은 각각의 전류 컨트롤러(303)에 연결되어 있다. 전류 컨트롤러(303)는, 연결된 코일 유닛(203)의 각각의 코일(202)에서 흐르는 전류의 크기를 제어할 수 있다.
- [0084] 코일 컨트롤러(302)는, 연결된 전류 컨트롤러(303) 각각에 목표 전류 명령값을 발행한다. 전류 컨트롤러(303)는 연결된 코일(202)의 전류량을 제어한다.
- [0085] 코일(202)은, 가동 요소(101)가 반송되는 X 방향으로 연장되는 가동 요소(101)의 상면의 양 측에 부착된다.
- [0086] 복수의 리니어 인코더(204), 복수의 Y 센서(122) 및 복수의 Z 센서(121)는 통신 행해질 수 있는 방식으로 센서 컨트롤러(304)에 연결되어 있다.
- [0087] 복수의 리니어 인코더(204)는, 가동 요소(101)가 반송되는 동안 복수의 리니어 인코더(204) 중 1개가 1개의 가동 요소(101)의 위치를 측정할 수 있는 간격으로 고정자(201)에 부착된다. 또한, 복수의 Y 센서(122)는, 복수의 Y 센서(122) 중 2개가 1개의 가동 요소(101)의 Y 타깃(110)을 측정할 수 있는 간격으로 고정자(201)에 부착된다. 또한, 복수의 Z 센서(121)는, 2열 내의 그 중 3개가 1개의 가동 요소(101)의 Z 타깃(109)을 측정할 수 있는 간격으로 고정자(201)에 부착된다.
- [0088] 통합 컨트롤러(301)는, 리니어 인코더(204), Y 센서(122) 및 Z 센서(121)로부터의 출력에 기초하여, 복수의 코일(202)에 인가하는 전류의 전류 명령값을 결정하고, 전류 명령값을 코일 컨트롤러(302)에 송신한다. 코일 컨트롤러(302)는, 통합 컨트롤러(301)로부터의 전류 명령값에 기초하여, 상술한 바와 같이 전류 컨트롤러(303)에 전류 명령값을 발행한다. 이에 의해, 통합 컨트롤러(301)는, 제어 장치로서 기능하고, 고정자(201)를 따라 가동 요소(101)를 비접촉 방식으로 반송하며, 반송되는 가동 요소(101)의 배향을 6축을 따라 제어한다.
- [0089] 이하, 통합 컨트롤러(301)에 의해 실행되는 가동 요소(101)의 배향을 제어하는 방법에 대해서 도 5를 참고해서 설명한다. 도 5는, 본 예시적인 실시형태에 따른 반송 장치(1)의 가동 요소(101)의 배향을 제어하는 배향 제어 방법을 도시하는 개략도이다. 도 5는, 가동 요소(101)의 배향 제어 방법을 주로 데이터의 흐름에 집중하여 개략적으로 도시하고 있다. 통합 컨트롤러(301)(도 4 참조)는, 아래에서 설명되는 바와 같이, 가동 요소 위치 산출 함수(401), 가동 요소 배향 산출 함수(402), 가동 요소 배향 제어 함수(403), 및 코일 전류 산출 함수(404)를 사용하여 처리를 실행한다. 이에 의해, 통합 컨트롤러(301)는, 가동 요소(101)의 배향을 6축을 따라 제어하면서, 가동 요소(101)의 반송을 제어한다. 통합 컨트롤러(301)를 대신하여, 코일 컨트롤러(302)는 통합 컨트롤러(301)에 의해 실행되는 처리와 유사한 처리를 실행하도록 구성될 수 있다.
- [0090] 먼저, 가동 요소 위치 산출 함수(401)는, 복수의 리니어 인코더(204)로부터의 측정값 및 복수의 리니어 인코더(204)의 부착 위치에 관한 정보에 기초하여, 반송로를 형성하는 고정자(201) 위에 존재하는 가동 요소(101)의 개수 및 가동 요소(101)의 위치를 산출한다. 이에 의해, 가동 요소 위치 산출 함수(401)는, 가동 요소(101)에 관한 정보, 구체적으로는 가동 요소 정보(406)의 가동 요소 위치 정보(X) 및 개수 정보를 갱신한다. 가동 요소 위치 정보(X)는, 고정자(201) 상의 가동 요소(101)의 X 방향의 위치, 즉 반송 방향을 나타낸다. 가동 요소 정보(406)는, 예를 들어 도 5에서 POS-1, POS-2 등으로 나타내는 고정자(201) 상의 각각의 가동 요소(101)마다 준비된다.
- [0091] 이어서, 가동 요소 배향 산출 함수(402)는, 가동 요소 위치 산출 함수(401)에 의해 갱신된 가동 요소 정보(406)의 가동 요소 위치 정보(X)에 기초하여, 각각의 가동 요소(101)를 측정할 수 있는 Y 센서(122) 및 Z 센서(121)를 식별한다. 이어서, 가동 요소 배향 산출 함수(402)는, 식별된 Y 센서(122) 및 Z 센서(121)로부터 출력되는 값에 기초하여, 각각의 가동 요소(101)의 배향에 관한 정보인 배향 정보(Y, Z, W_x, W_y, W_z)를 산출해서 가동 요소 정보(406)를 갱신한다. 가동 요소 배향 산출 함수(402)에 의해 갱신된 가동 요소 정보(406)는 가동 요소 위치 정보(X) 및 배향 정보(Y, Z, W_x, W_y, W_z)를 포함한다.

- [0092] 이어서, 가동 요소 배향 제어 함수(403)는, 가동 요소 위치 정보(X) 및 배향 정보(Y, Z, Wx, Wy, Wz)를 포함하는 현재의 가동 요소 정보(406) 및 목표 배향값에 기초하여, 각각의 가동 요소(101)의 인가력 정보(408)를 산출한다. 인가력 정보(408)는, 각각의 가동 요소(101)에 인가해야 할 힘의 크기에 관한 정보이다. 인가력 정보(408)는, 후술하는 인가해야 할 힘(T)의 3축 성분(Tx, Ty, Tz) 및 힘(T)의 토크의 3축 성분(Twx, Twy, Twz)에 관한 정보를 포함한다. 인가력 정보(408)는, 예를 들어 도 5에서 TRQ-1, TRQ-2 등에 의해 나타내는 고정자(201) 상의 각각의 가동 요소(101)마다 준비된다.
- [0093] 이어서, 코일 전류 산출 함수(404)는, 인가력 정보(408) 및 가동 요소 정보(406)에 기초하여, 각 코일(202)에 인가되는 전류의 전류 명령값(409)을 결정한다.
- [0094] 이런 방식으로, 통합 컨트롤러(301)는, 가동 요소 위치 산출 함수(401), 가동 요소 배향 산출 함수(402), 가동 요소 배향 제어 함수(403) 및 코일 전류 산출 함수(404)를 사용한 처리를 실행함으로써 전류 명령값(409)을 결정한다. 통합 컨트롤러(301)는, 결정된 전류 명령값(409)을 코일 컨트롤러(302)에 송신한다.
- [0095] 이제, 가동 요소 위치 산출 함수(401)에 기초하여 행해지는 처리에 대해서 도 6을 참조해서 설명한다. 도 6은, 가동 요소 위치 산출 함수(401)에 기초하여 행해지는 처리를 도시하는 개략도이다.
- [0096] 도 6에서, 제1 기준점(0e)은, 리니어 인코더(204)가 부착되는 고정자(201)의 위치 기준이다. 또한, 제2 기준점(0s)은, 가동 요소(101)에 부착되어 있는 리니어 스케일(111)의 위치 기준이다. 도 6은, 2개의 가동 요소(101), 즉 가동 요소(101a 및 101b)가 반송되며, 3개의 리니어 인코더(204), 즉 리니어 인코더(204a, 204b, 및 204c)가 배치되어 있는 경우를 도시한다. 리니어 스케일(111)은 X 방향에서 가동 요소(101a 및 101b) 상의 동일 위치에 부착된다.
- [0097] 예를 들어, 1개의 리니어 인코더(204c)가 도 6에 도시된 가동 요소(101b)의 리니어 스케일(111)에 대향한다. 리니어 인코더(204c)는, 가동 요소(101b)의 리니어 스케일(111)을 판독해서 거리(Pc)를 출력한다. 또한, 제1 기준점(0e)이 원점으로서 설정될 때, 리니어 인코더(204c)의 X축 상의 위치를 "Sc"로 나타낸다. 따라서, 가동 요소(101b)의 위치(Pos (101b))는 다음 식 (1)에 의해 산출될 수 있다.
- [0098]
$$\text{Pos (101b)} = \text{Sc} - \text{Pc} \quad \text{식 (1)}$$
- [0099] 예를 들어, 2개의 리니어 인코더(204a 및 204b)는 도 6에 도시된 가동 요소(101a)의 리니어 스케일(111)에 대향한다. 리니어 인코더(204a)는, 가동 요소(101a)의 리니어 스케일(111)을 판독해서 거리(Pa)를 출력한다. 또한, 제1 기준점(0e)을 원점으로서 설정할 때, 리니어 인코더(204a)의 X축 상의 위치를 "Sa"로 나타낸다. 따라서, 리니어 인코더(204a)의 출력에 기초하는 가동 요소(101a)의 X축 상의 위치(Pos (101a))는 다음 식 (2)에 의해 산출될 수 있다.
- [0100]
$$\text{Pos (101a)} = \text{Sa} + \text{Pa} \quad \text{식 (2)}$$
- [0101] 또한, 리니어 인코더(204b)는, 가동 요소(101a)의 리니어 스케일(111)을 판독해서 거리(Pb)를 출력한다. 또한, 제1 기준점(0e)을 원점으로서 설정할 때, 리니어 인코더(204b)의 X축 상의 위치를 "Sb"로 나타낸다. 따라서, 리니어 인코더(204b)의 출력에 기초하는 가동 요소(101a)의 X축 상의 위치(Pos (101a)')는, 다음 식(3)에 의해 산출할 수 있다.
- [0102]
$$\text{Pos (101a)'} = \text{Sb} - \text{Pb} \quad \text{식 (3)}$$
- [0103] 리니어 인코더(204a 및 204b)의 각각의 위치는 미리 정확하게 측정되기 때문에, 2개의 값(Pos (101a) 및 Pos (101a)') 사이의 차이는 충분히 작다. 이렇게 2개의 리니어 인코더(204)로부터의 출력에 기초하는 가동 요소(101)의 X축 상의 위치 사이의 차이가 충분히 작은 경우에는, 이들 2개의 리니어 인코더(204)는 동일한 가동 요소(101)의 리니어 스케일(111)을 관측하고 있다고 판정할 수 있다.
- [0104] 복수의 리니어 인코더(204)가 동일한 가동 요소(101)와 대향할 경우는, 복수의 리니어 인코더(204)로부터의 출력에 기초하는 위치의 평균값을 산출함으로써 관측된 가동 요소(101)의 위치를 고유하게 결정할 수 있다.
- [0105] 가동 요소 위치 산출 함수(401)는, 상술한 방식으로, 리니어 인코더(204)로부터의 출력에 기초하여, 가동 요소 위치 정보로서 가동 요소(101)의 X 방향에서의 위치(X)를 산출 및 결정한다.
- [0106] 이어서, 가동 요소 배향 산출 함수(402)에 기초하여 행해지는 처리에 대해서 도 7, 도 8a 및 도 8b를 참고해서 설명한다.

- [0107] 도 7은, 가동 요소(101)로서 가동 요소(101c)가 반송되고, Y 센서(122)로서 Y 센서(122a 및 122b)가 배치되어 있는 경우를 도시한다. 2개의 Y 센서(122a, 122b)는 도 7에 나타내는 가동 요소(101c)의 Y 타깃(110)에 대향하고 있다. 2개의 Y 센서(122a 및 122b)에 의해 출력되는 상대 거리 값을 각각 "Ya" 및 "Yb"로 나타내고, Y 센서(122a 및 122b) 사이의 간격을 "Ly"로 나타내는 경우, 가동 요소(101c)의 Z축 둘레의 회전량(Wz)은 다음 식 (4)에 의해 산출된다.
- [0108]
$$Wz = (Ya - Yb)/Ly \quad \text{식 (4)}$$
- [0109] 일부 경우에, 가동 요소(101)의 위치에 따라, 3개 이상의 Y 센서(122)가 Y 타깃(110)에 대향할 수 있다. 이러한 경우, 최소 제곱법을 사용하여 Y 타깃(110)의 기울기, 즉 Z축 둘레의 회전량(Wz)을 산출할 수 있다.
- [0110] 또한, 도 8a 및 도 8b는, 가동 요소(101)로서 가동 요소(101d)가 반송되고, Z 센서(121)로서 Z 센서(121a, 121b, 및 121c)가 배치되어 있는 경우를 나타내고 있다. 도 8a 및 도 8b에 나타내는 가동 요소(101d)의 Z 타깃(109)에는 3개의 Z 센서(121a, 121b, 및 121c)가 대향하고 있다. 3개의 Z 센서(121a, 121b, 및 121c)에 의해 출력되는 상대 거리 값을 각각 "Za", "Zb", 및 "Zc"로 나타낸다. 또한, 센서 사이의 X 방향의 거리, 즉 Z 센서(121a 및 121b) 사이의 거리를 "Lz1"로 나타낸다. 또한, 센서 사이의 Y 방향의 거리, 즉 Z 센서(121a 및 121c) 사이의 거리를 "Lz2"로 나타낸다. 이때, Y축 둘레의 회전량(Wy) 및 X축 둘레의 회전량(Wx)은 각각 다음 식 (5a) 및 (5b)에 의해 산출될 수 있다.
- [0111]
$$Wy = (Zb - Za)/Lz1 \quad \text{식 (5a)}$$
- [0112]
$$Wx = (Zc - Za)/Lz2 \quad \text{식 (5b)}$$
- [0113] 가동 요소 배향 산출 함수(402)는, 상술한 방식으로, 가동 요소(101)의 배향 정보로서 각 축 둘레의 회전량(Wx, Wy, 및 Wz)을 산출할 수 있다.
- [0114] 또한, 가동 요소 배향 산출 함수(402)는, 아래에 설명되는 바와 같이, 가동 요소(101)의 배향 정보로서 가동 요소(101)의 Y 방향의 위치(Y) 및 Z 방향의 위치(Z)를 산출할 수 있다.
- [0115] 먼저, 가동 요소(101)의 Y 방향의 위치(Y)의 산출에 대해서 도 7을 참고해서 설명한다. 도 7에서, 가동 요소(101c)에 대향하는 2개의 Y 센서(122)는 Y 센서(122a 및 122b)이다. 또한, Y 센서(122a 및 122b)의 측정값을 각각 "Ya" 및 "Yb"로 나타낸다. 또한, Y 센서(122a)의 위치와 Y 센서(122b)의 위치 사이의 중점을 "0e'"로 나타낸다. 또한, 식 (1) 내지 (3)에 의해 얻어진 가동 요소(101c)의 위치를 "0s'"로 나타내고, 중점(0e')으로부터 위치(0s')까지의 거리를 "dX'"로 나타낸다. 이때, 가동 요소(101c)의 Y 방향의 위치(Y)는 다음 식을 사용하여 근사적 산출에 의해 산출할 수 있다.
- [0116]
$$Y = (Ya + Yb)/2 - Wz \cdot dX'$$
- [0117] 이어서, 가동 요소(101)의 Z 방향의 위치(Z)의 산출에 대해서 도 8a 및 도 8b를 참고해서 설명한다. 가동 요소(101d)에 대향하는 3개의 Z 센서(121)는 Z 센서(121a, 121b, 및 121c)이다. Z 센서(121a, 121b, 및 121c)의 측정값을 각각 "Za", "Zb", 및 "Zc"로 나타낸다. Z 센서(121a)의 X 좌표와 Z 센서(121c)의 X 좌표는 동일하다. 또한, 리니어 인코더(204)는 Z 센서(121a)와 Z 센서(121c) 사이의 중간 위치에 존재하는 것으로 가정한다. Z 센서(121a) 및 Z 센서(121c)의 위치(X)를 "0e"로 나타낸다. 또한, 위치(0e)로부터 가동 요소(101)의 중심(0s)까지의 거리를 "dX"로 나타낸다. 이때, 가동 요소(101)의 Z 방향의 위치(Z)는 다음 식을 사용한 근사적 산출에 의해 산출될 수 있다.
- [0118]
$$Z = (Za + Zb)/2 + Wy \cdot dX$$
- [0119] 회전량(Wz 및 Wy)이 큰 경우, 위치(Y) 및 위치(Z)의 양자 모두를 근사의 정밀도를 높여서 산출할 수 있다.
- [0120] 이어서, 코일 전류 산출 함수(404)에 의해 행해지는 처리에 대해서 도 1을 참고해서 설명한다. 힘에 대한 이하의 설명에서, X 방향, Y 방향 및 Z 방향의 힘이 작용하는 방향을 각각 "x", "y", 및 "z"로 나타낸다. 도 1에서, R측, 즉 Y+ 측을 "R"로 나타내고, L측, Y- 측을 "L"로 나타내고, X+ 측을 "f"로 나타내며, X- 측을 "b"로 나타낸다.
- [0121] 도 2a의 R측 및 L측의 영구 자석(103)에 작용하는 힘을 다음과 같이 설명한다. 영구 자석(103)에 작용하는 힘은 전류가 인가되는 복수의 코일(202)로부터 영구 자석(103)이 받는 전자기력이다. X 방향, 즉 가동 요소(101)의 반송 방향의 전자기력 이외에, 영구 자석(103)은, 전류가 인가되는 복수의 코일(202)로부터 X 방향과는 상

이한 방향인 Y 방향 및 Z 방향의 전자기력을 받는다.

[0122] R측의 영구 자석(103)에 작용하는 힘을 다음과 같이 나타낸다.

[0123] FzfR: R측의 영구 자석(103bR)에 Z 방향으로 작용하는 힘

[0124] FxfR: R측의 영구 자석(103bR)에 X 방향으로 작용하는 힘

[0125] FyfR: R측의 영구 자석(103aR)에 Y 방향으로 작용하는 힘

[0126] FxbR: R측의 영구 자석(103cR)에 X 방향으로 작용하는 힘

[0127] FybR: R측의 영구 자석(103dR)에 Y 방향으로 작용하는 힘

[0128] FzbR: R측의 영구 자석(103cR)에 Z 방향으로 작용하는 힘

[0129] L측의 영구 자석(103)에 작용하는 힘은 다음과 같이 나타낸다.

[0130] FzfL: L측의 영구 자석(103bL)에 Z 방향으로 작용하는 힘

[0131] FxfL: L측의 영구 자석(103bL)에 X 방향으로 작용하는 힘

[0132] FyfL: L측의 영구 자석(103aL)에 Y 방향으로 작용하는 힘

[0133] FxbL: L측의 영구 자석(103cL)에 X 방향으로 작용하는 힘

[0134] FybL: L측의 영구 자석(103dL)에 Y 방향으로 작용하는 힘

[0135] FzbL: L측의 영구 자석(103cL)에 Z 방향으로 작용하는 힘

[0136] 또한, 가동 요소(101)에 인가되는 힘(T)을 다음 식 (6)에 의해 나타낸다. 식에서, "Tx", "Ty", 및 "Tz"는, 힘의 3축 성분을 나타내며, 각각 힘의 X 방향 성분, Y 방향 성분 및 Z 방향 성분을 나타낸다. 또한, "Twx", "Twy", 및 "Twz"는, 모멘트의 3축 성분을 나타내며, 각각 모멘트의 X축 둘레의 성분, 모멘트의 Y축 둘레의 성분 및 모멘트의 Z축 둘레 성분을 나타낸다. 본 예시적인 실시형태에 따른 반송 장치(1)는, 힘(T)의 6축 성분(Tx, Ty, Tz, Twx, Twy, Twz)을 제어함으로써 가동 요소(101)의 배향을 6축을 따라 제어하면서 가동 요소(101)의 반송을 제어한다.

[0137] $T = (Tx, Ty, Tz, Twx, Twy, Twz)$ 식 (6)

[0138] 따라서, "Tx", "Ty", "Tz", "Twx", "Twy", 및 "Tzw"은 다음의 식 (7a), (7b), (7c), (7d), (7e), 및 (7f)에 의해 각각 산출된다.

[0139] $Tx = FxfR + FxbR + FxfL + FxbL$ 식 (7a)

[0140] $Ty = FyfL + FyfR + FybL + FybR$ 식 (7b)

[0141] $Tz = FzbR + FzbL + FzfR + FzfL$ 식 (7c)

[0142] $Twx = \{(FzfL + FzbL) - (FzfR + FzbR)\} * rx3$ 식 (7d)

[0143] $Twy = \{(FzfL + FzfR) - (FzbL + FzbR)\} * ry3$ 식 (7e)

[0144] $Twz = \{-(FyfL + FyfR) + (FybL + FybR)\} * rz3$ 식 (7f)

[0145] 이때, 영구 자석(103)에 작용하는 힘에 대해서는, 다음 식 (7g), (7h), (7i) 및 (7j)에 의해 표현되는 제한을 도입할 수 있다. 이들의 제한을 도입함으로써, 미리결정된 6축 성분을 갖는 힘(T)을 얻기 위한 영구 자석(103)에 작용하는 힘의 조합을 고유하게 결정할 수 있다.

[0146] $FxfR = FxbR = FxfL = FxbL$ (7g)

[0147] $FyfL = FyfR$ (7h)

[0148] $FybL = FybR$ (7i)

[0149] $FzbR = FzbL$ (7j)

[0150] 이어서, 코일 전류 산출 함수(404)가, 각각의 영구 자석(103)에 작용하는 힘에 기초하여, 각각의 코일(202)에

인가되는 전류의 양을 결정하는 방법에 대해서 설명한다.

- [0151] 먼저, N극 및 S극의 극성이 Z 방향으로 교대로 배치되는 영구 자석(103a 및 103d)에 Z 방향의 힘을 인가하는 경우에 대해서 설명한다. 또한, 코일(202)은, 그 Z 방향의 중심이 영구 자석(103a 및 103d)의 Y 방향의 중심에 위치되도록 배치된다. 이 구성에 의해, 영구 자석(103a, 103d)에 X 방향 및 Y 방향으로 작용하는 힘은 거의 발생하지 않는다.
- [0152] 가동 요소(101)의 위치를 "X"로 나타낸다. 1열로 배치되는 코일(202)의 번호를 "j"로 나타내고, 단위 전류당 코일(202)(j)에 Z 방향으로 작용하는 힘의 크기를 $F_z(j, X)$ 로 나타내며, 코일(202)(j)에 인가되는 전류를 $i(j)$ 로 나타낸다. 이때, 코일(202)(j)은, j번째 코일(202)이다. 이 경우, 전류($i(j)$)는 다음 식 (8)을 만족하도록 결정될 수 있다. 식 (8)은 영구 자석(103dR)에 관한 식이다. 다른 영구 자석(103aR, 103aL, 및 103dL)에 대해서도, 코일(202)에 인가되는 전류를 마찬가지로 결정할 수 있다.
- [0153] 각각의 코일(202)에 인가되는 전류와 코일(202)에 작용하는 힘의 선형성에 대해서 설명한다. 도 9a 내지 도 9c에서, 영구 자석(103)은 코일(202)에 대향하고, 영구 자석(103)으로부터 출력되는 자속의 많은 양은 코일(202) 내를 통과해서 다시 영구 자석(103)으로 되돌아간다.
- [0154] 영구 자석(103)의 기자력이 900 kA/m이고 두께 0.01 m인 경우, 영구 자석의 기자력은 $900 \text{ kA/m} \times 0.01 \text{ m} = 9000 \text{ A}$ 로서 표현될 수 있다.
- [0155] 한편, 코일(202)의 권취수가 900이고 1A의 전류가 인가될 때 얻어질 수 있는 기자력은 $900 \times 1 \text{ A} = 900 \text{ A}$ 로서 표현될 수 있다. 따라서, 영구 자석(103)에 의해 생성되는 기자력은 충분히 크다. 이러한 경우, 코일(202)에 인가되는 전류의 양과 새롭게 발생하는 힘 사이의 관계는 충분히 선형적이다. 따라서, 다음의 식이 만족된다.
- [0156] $\Sigma F_z(j, X) \cdot i(j) = F_{zBR}$ 식 (8)
- [0157] 상술한 방식으로, 코일 전류 산출 함수(404)는 코일(202(j))에 인가되는 전류의 명령값을 결정할 수 있다. 상술한 방식으로 결정되는 전류 명령값에 기초하여 가동 요소(101)에 인가되는 Z 방향의 힘에 의해, 가동 요소(101)는 Z 방향으로 부상하는 부상력을 얻으며 그 배향이 제어된다.
- [0158] 복수의 코일(202)이 영구 자석(103)에 힘을 가하는 경우에는, 각각의 코일(202)에 의해 가해지는 힘에 따라서 단위 전류당의 힘의 크기에 의해 전류를 안분함으로써, 영구 자석(103)에 작용하는 힘을 고유하게 결정할 수 있다.
- [0159] 또한, 도 1에 도시된 바와 같이, 영구 자석(103)은 가동 요소(101)의 L측 및 R측에 대칭으로 배치된다. 이러한 영구 자석(103)의 대칭 배치에 의해, 영구 자석(103)에 작용하는 다성분 힘, 예를 들어 영구 자석(103a 및 103d)에 작용하는 회전(W_x)의 힘, 즉 X축 둘레의 모멘트 성분을 L측 및 R측의 힘에 의해 상쇄시킬 수 있다. 이 결과, 더 정확하게 가동 요소(101)의 배향을 제어할 수 있게 된다.
- [0160] 이어서, N극, S극 및 N극의 극성이 X 방향으로 교대로 배치되는 영구 자석(103b)에 대하여 X 방향 및 Y 방향으로 독립적으로 힘을 인가하는 방법에 대해서 설명한다. 도 9a 내지 도 9c는, 영구 자석(103b)에 X 방향 및 Y 방향으로 독립적으로 힘을 인가하는 방법을 도시하는 개략도이다. 코일 전류 산출 함수(404)는, 다음의 절차에 따라, 힘이 영구 자석(103b)에 X 방향 및 Y 방향으로 독립적으로 인가되도록 코일(202)에 인가되는 전류의 전류 명령값을 결정한다. 또한, 영구 자석(103b)과 유사하게 영구 자석(103c)에도 X 방향 및 Y 방향의 힘이 독립적으로 인가될 수 있다.
- [0161] 가동 요소(101)의 위치를 "X"로 나타내고 1열에 배치되는 코일(202)의 번호를 "j"로 나타낼 때, 단위 전류당 코일(202)(j)에 X 방향 및 Y 방향으로 작용하는 힘의 크기는 각각 $F_x(j, X)$ 및 $F_y(j, X)$ 로 표현된다. 또한, 코일(202)(j)의 전류의 크기는 $i(j)$ 로 표현된다. 코일(202)(j)은 j번째 코일(202)이다.
- [0162] 도 9a는, 코일(202)의 열의 6개의 코일(202)이 영구 자석(103bR)에 대향하고 있는 상태를 도시하는 도면이다. 도 9a에서, 수평 방향은 X축에 대응하며, 연직 방향은 Y축에 대응한다. 도 9b는 Y 방향으로부터 본 도 9a에 도시된 상태를 도시하는 도면이다. 1 내지 6의 번호(j)가 X 방향에서의 배치 순서로 코일(202)에 할당된다. 다음의 설명에서는, 각각의 코일(202)은 대응하는 코일(202)을 예를 들어 코일(202(1))로서 나타냄으로써 식별된다.
- [0163] 도 9a 및 도 9b에 도시된 바와 같이, 코일(202)은 거리(L)의 간격으로 배치된다. 한편, 가동 요소(101)의 영구 자석(103)은 거리($3/2 \times L$)의 간격으로 배치된다.

- [0164] 도 9c의 그래프는, 도 9a 및 도 9b에 나타내는 코일(202)에 단위 전류가 인가될 때에 발생하는 X 방향의 힘(F_x) 및 Z 방향의 힘(F_z)의 크기를 개략적으로 도시하는 그래프이다.
- [0165] 간단화를 위하여, 도 9a, 도 9b 및 도 9c에서는, 코일(202)의 X 방향의 위치의 원점(0_c)이 코일(202(3))과 코일(202(4)) 사이의 중간 지점에 대응하며, 영구 자석(103bR)의 X 방향의 중심(0_m)이 원점으로서 설정된다. 따라서, 도 9a, 도 9b 및 도 9c는 원점(0_c)과 중심(0_m)이 일치하는 경우, 즉 $X = 0$ 의 경우를 도시한다.
- [0166] 이때, 예를 들어 단위 전류당 코일(202(4))에 작용하는 힘의 크기는 X 방향에서 $F_x(4, 0)$ 및 Z 방향에서 $F_z(4, 0)$ 이다. 또한, 단위 전류당 코일(202(5))에 작용하는 힘의 크기는 X 방향에서 $F_x(5, 0)$ 및 Z 방향에서 $F_z(5, 0)$ 이다.
- [0167] 코일(202(1) 내지 202(6))에 인가되는 전류의 전류값을 각각 " $i(1)$ " 내지 " $i(6)$ "로 나타낸다. 이때, 일반적으로, 영구 자석(103bR)에 X 방향으로 작용하는 힘의 크기(F_{xfR}) 및 영구 자석(103bR)에 Y 방향으로 작용하는 힘의 크기(F_{zfR})는 각각 다음 식 (9) 및 (10)으로 표현된다.
- [0168]
$$F_{xfR} = F_x(1, X) \cdot i(1) + F_x(2, X) \cdot i(2) + F_x(3, X) \cdot i(3) + F_x(4, X) \cdot i(4) + F_x(5, X) \cdot i(5) + F_x(6, X) \cdot i(6)$$
 식 (9)
- [0169]
$$F_{zfR} = F_z(1, X) \cdot i(1) + F_z(2, X) \cdot i(2) + F_z(3, X) \cdot i(3) + F_z(4, X) \cdot i(4) + F_z(5, X) \cdot i(5) + F_z(6, X) \cdot i(6)$$
 식 (10)
- [0170] 상기 식 (9) 및 (10)을 만족하는 전류값($i(1)$ 내지 $i(6)$)에 대응하는 전류가 각각 코일(202(1) 내지 202(6))에 인가되도록 전류 명령값을 결정함으로써, X 방향 및 Z 방향의 힘을 영구 자석(103bR)에 독립적으로 인가할 수 있다. 상술한 방식으로, 코일 전류 산출 함수(404)는, X 방향 및 Z 방향의 힘이 영구 자석(103)에 독립적으로 인가되도록, 코일(202(j))에 인가되는 전류의 전류 명령값을 결정할 수 있다.
- [0171] 더 간단화하기 위하여, 도 9a, 도 9b 및 도 9c에 나타내는 경우에서, 영구 자석(103bR)에 대하여 코일(202(1) 내지 202(6)) 중 코일(202(3), 202(4), 202(5))만을 사용하고, 또한 이들 3개의 코일의 전류값의 합이 0이 되도록 제어를 행하는 예시적인 경우에 대해서 생각한다. 이 예시적인 경우, 영구 자석(103bR)에 X 방향으로 작용하는 힘(F_{xfR}) 및 영구 자석(103bR)에 Z 방향으로 작용하는 힘(F_{zfR})은 각각 다음 식 (11) 및 (12)에 의해 표현된다.
- [0172]
$$F_{xfR} = F_x(3, X) \cdot i(3) + F_x(4, X) \cdot i(4) + F_x(5, X) \cdot i(5)$$
 식 (11)
- [0173]
$$F_{zfR} = F_z(3, X) \cdot i(3) + F_z(4, X) \cdot i(4) + F_z(5, X) \cdot i(5)$$
 식 (12)
- [0174] 또한, 코일(202(1) 내지 202(6))의 전류값은 다음 식 (13) 및 (14)을 만족하도록 설정될 수 있다.
- [0175]
$$i(3) + i(4) + i(5) = 0$$
 식 (13)
- [0176]
$$i(1) = i(2) = i(6) = 0$$
 식 (14)
- [0177] 따라서, 영구 자석(103bR)에 대하여 필요한 힘의 크기(F_{xfR} , F_{zfR})가 결정되는 경우, 전류값($i(1)$, $i(2)$, $i(3)$, $i(4)$, $i(5)$ 및 $i(6)$)은 고유하게 결정될 수 있다. 이러한 방식으로 결정되는 전류 명령값에 기초하여, 가동 요소(101)에 X 방향 및 Z 방향의 힘이 인가된다. 가동 요소(101)에 인가되는 X 방향의 힘에 의해, 가동 요소(101)는, X 방향으로 이동하는 추진력을 얻어서 X 방향으로 이동한다. 또한, 이런 방식으로 결정되는 전류 명령값에 기초하여 가동 요소(101)에 인가되는 X 방향 및 Z 방향의 힘에 의해, 가동 요소(101)의 배향이 제어된다.
- [0178] 이러한 방식으로, 통합 컨트롤러(301)는, 복수의 코일(202)에 인가하는 전류를 제어함으로써 가동 요소(101)에 인가되는 힘의 6축 성분 각각을 제어한다.
- [0179] 가동 요소(101)의 반응에 의해 영구 자석(103bR)의 중심(0_m)에 대하여 코일(202)의 중심(0_c)이 상대적으로 이동하는 경우, 즉 $X \neq 0$ 의 경우, 이동된 위치에 대응하는 코일(202)이 선택될 수 있다. 또한, 단위 전류당 코일(202)에서 발생하는 힘에 기초하여, 상기의 산출과 유사한 산출을 실행할 수 있다.
- [0180] 상술한 바와 같이, 통합 컨트롤러(301)는, 복수의 코일(202)에 인가되는 전류의 전류 명령값을 결정한 후에 제어를 행함으로써, 고정자(201) 상에서의 가동 요소(101)의 배향을 6축을 따라 제어하면서 고정자(201) 상에서의 가동 요소(101)의 비접촉 반응을 제어한다. 즉, 통합 컨트롤러(301)는, 가동 요소(101)의 반응을 제어하는 반응 제어 유닛으로서 기능하고, 복수의 코일(202)로부터 영구 자석(103)이 받는 전자기력을 제어함으로써 고정자

(201) 상에서의 가동 요소(101)의 비접촉 반응을 제어한다. 또한, 통합 컨트롤러(301)는, 가동 요소(101)의 배향을 제어하는 배향 제어 유닛으로서 기능하며, 고정자(201) 상에서의 가동 요소(101)의 배향을 6축을 따라 제어한다. 제어 장치로서의 통합 컨트롤러(301)의 기능의 전부 또는 일부는, 코일 컨트롤러(302) 및 기타의 제어 장치에 의해 대신 실행될 수 있다.

[0181] 이와 같이, 본 예시적인 실시형태에 따르면, 2열로 배치되는 복수의 코일(202)에 의해, 가동 요소(101)에 3축 힘 성분(T_x , T_y , T_z) 및 3축 모멘트 성분(T_{wx} , T_{wy} , T_{wz})을 포함하는 6축 힘을 인가할 수 있다. 이러한 구성에 의해, 가동 요소(101)의 배향을 6축을 따라 제어하면서, 가동 요소(101)의 반응을 제어할 수 있다. 본 예시적인 실시형태에 따르면, 제어해야 할 변수인 힘의 6축 성분의 수보다 적은 2열로 배치된 코일(202)을 사용하여, 가동 요소(101)의 배향을 6축을 따라 제어하면서 가동 요소(101)의 반응을 제어할 수 있다.

[0182] 따라서, 본 예시적인 실시형태에 따르면, 코일(202)의 열의 수를 감소시킬 수 있는 구성에 의해 시스템의 크기 증가 또는 복잡화를 수반하지 않고, 가동 요소(101)의 배향의 제어에 기초하여 가동 요소(101)를 비접촉 방식으로 반응할 수 있다. 또한, 본 예시적인 실시형태에 따르면, 코일(202)의 열의 수를 감소시킬 수 있기 때문에, 소형의 자기 부상형 반응 장치를 저렴하게 구성할 수 있다.

[0183] [제2 예시적인 실시형태]

[0184] 도 13을 참고해서 제2 예시적인 실시형태에 대해서 설명한다.

[0185] 제1 예시적인 실시형태에서는, X 방향에서의 가동 요소(101)의 저면의 L측 및 R측의 단부에 2열의 영구 자석(108)이 배치 및 부착되는 예에 대해서 설명하였다. 이와 대조적으로, 본 예시적인 실시형태에서는, 영구 자석(1301L)이 가동 요소(101)의 상면에 부착되는 예에 대해서 설명한다. R측에 대한 도시 및 설명은 L측에 대한 것과 유사하기 때문에 생략한다. 또한, 제1 예시적인 실시형태의 것으로부터 변경되지 않은 구성요소에 대해서는 동일한 참조 번호를 부여하고, 설명을 생략한다. 도 13에서, 영구 자석(1301L)은 가동 요소(101)의 상면에 부착되며, 영구 자석(1303L)은 고정자(201)에 부착된다. 그리고, 가동 요소 측의 영구 자석(1301L)과 고정자 측의 영구 자석(1303L)은 서로 반발하는 방향으로 자화된다. 더 구체적으로는, 가동 요소 측의 영구 자석(1301L)과 고정자 측의 영구 자석(1303L)은 서로 반발한다. 영구 자석(1301L 및 1303L)은 각각 요크(1302L 및 1304L)에 부착되며, 브라켓(1305L)이 고정자(201)와 요크(1304L) 사이에 제공된다.

[0186] 이러한 구성에 의해, 가동 요소(101)가 상향으로 이동하는 경우, 고정자(201)에 부착된 영구 자석(1303L)으로부터 반발력을 받는다.

[0187] 도 11b를 참조해서 더 상세하게 설명한다.

[0188] 도 11b는 도 11a와 마찬가지로 가동 요소(101)가 받는 힘을 개략적으로 도시하는 도면이다.

[0189] 도 11a와 달리, 도 11b에서는, F_b 의 절대값은 Z 방향의 위치가 Z_+ 방향을 향해 이동함에 따라 더 커진다. 또한, 반발력은 하향의 힘이므로, F_b 는 도 11a와 달리 제2 사분면($F_z > 0$)에 존재한다.

[0190] 이 경우, 코일(202)과 영구 자석(103) 사이의 관계가 변하지 않고 유지되는 경우, $F_a - mg(1101b)$ 의 프로파일은 도 11a의 $F_a - mg(1101a)$ 의 것과 동일하게 유지된다. 한편, F_b 의 크기는 $F_a - mg(1101b)$ 보다 더 큰 기울기의 변화를 갖는다(1102b).

[0191] 상술한 바와 같이 반발 영구 자석(1301, 1303)을 제공함으로써, 도 11b에 도시된 바와 같이, 포텐셜 에너지(Φ_Z)는 $Z = Z_b$ 에서 최소값을 갖고, $Z = Z_t$ 에서 최대값을 갖는다. 따라서, $Z = Z_b$ 근방에서 가동 요소(101)의 위치는 안정된다.

[0192] 제2 예시적인 실시형태의 경우, 가동 요소(101)의 위치는 제1 예시적인 실시형태와 비교해서 $F_a - mg$ 의 기울기가 큰 영역에서 안정될 필요가 있기 때문에, F_b 의 기울기는 더 증가될 필요가 있다. 따라서, 반발 영구 자석(1301, 1303)은 제1 예시적인 실시형태와 비교하여 크기가 더 커지기 쉽다.

[0193] 그러나, 본 예시적인 실시형태에서는, 가동 요소(101)의 위치는 $Z = Z_0$ 의 위치와 비교하여 코일(202)에 더 가까운 위치에서 안정되기 때문에, 추진력 상수는 일부 경우에 $Z = Z_0$ 또는 제1 예시적인 실시형태와 비교해서 더 커진다. 따라서, 작은 전류로 동일한 추진력을 발생시킬 수 있다.

[0194] 한편, 제1 예시적인 실시형태와 비교해서, 포텐셜 에너지의 깊이(1105b)는 제1 예시적인 실시형태의 포텐셜 에너지 깊이(1105a)와 비교해서 작아지는 경향이 있다. 따라서, 안정화의 정도가 작다.

- [0195] 제2 예시적인 실시형태의 경우, 코일(202) 및 반발 영구 자석(1301, 1303)을 서로 근접하게 배치하도록 설계하는 것이 가능하기 때문에, 더 소형의 장치 구성을 실현할 수 있다. 가공을 위한 프로세스 장치가 가동 요소(101)의 하방에 제공되는 퇴적원(140)(도 1 참조)인 경우, 반발 영구 자석(1301, 1303)이 가동 요소(101)의 하방에 존재하면, 반발 영구 자석(1301, 1303)은 퇴적원(140)을 방해할 수 있다. 이러한 경우에도, 본 예시적인 실시형태에 따르면, 영구 자석(1301, 1303)을 퇴적원(140)(도 1 참조) 등의 프로세스 장치의 반대 측에 위치시킬 수 있어 이롭고 유리하다.
- [0196] [제3 예시적인 실시형태]
- [0197] 도 14를 참고해서 제3 예시적인 실시형태에 대해서 설명한다.
- [0198] 제1 예시적인 실시형태에서는, X 방향에서의 가동 요소(101)의 저면의 L측 및 R측의 단부에 2열의 영구 자석(108)이 배치 및 부착되는 예에 대해서 설명하였다. 또한, 제2 예시적인 실시형태에서는, 가동 요소에 부착된 영구 자석(1301L)이 하측에 존재하고 고정자에 부착된 영구 자석(1303L)이 상측에 존재하도록 영구 자석(1301L) 및 영구 자석(1303L)을 가동 요소 및 고정자에 부착함으로써, 가동 요소가 상향으로 이동하는 경우에 가동 요소가 반발력을 받는 예에 대해서 설명했다. 본 예시적인 실시형태에서는, 가동 요소에 부착된 영구 자석(1401L)이 상측에 존재하며 고정자에 부착된 영구 자석(1403L)이 하측에 존재하도록 영구 자석(1401L) 및 영구 자석(1403L)을 가동 요소 및 고정자에 부착함으로써, 가동 요소가 하향으로 이동하는 경우에 가동 요소가 반발력을 받는 예에 대해서 설명한다. 도 14에서는, L측만이 도시되며, R측에 대한 도시 및 설명은 L측에 대한 것과 유사하기 때문에 생략한다. 또한, 제1 예시적인 실시형태 또는 제2 예시적인 실시형태의 것으로부터 변경되지 않은 구성요소에 대해서는, 동일한 참조 번호를 부여하고 설명을 생략한다. 도 14에서, 영구 자석(1401L)은 가동 요소의 상면에 부착된 가동 요소 어댑터(105)에 부착되며, 영구 자석(1403L)은 고정자(201)에 부착된 브라켓(1405L)에 부착된다. 그리고, 가동 요소 측의 영구 자석(1401L) 및 고정자 측의 영구 자석(1403L)은 서로 반발하는 방향으로 자화된다. 영구 자석(1401L 및 1403L)은 각각 요크(1402L 및 1404L)에 부착되며, 브라켓(1305L)이 고정자(201)와 요크(1404L) 사이에 제공된다.
- [0199] 이러한 구성에 의해, 가동 요소(101)가 하강하는 경우, 가동 요소(101)는 고정자(201)에 부착된 영구 자석(1403L)으로부터 반발력을 받도록 구성된다.
- [0200] 가동 요소 어댑터(105) 및 고정자의 브라켓(1305L)의 형상은 S 형상이 되며, 대형화되기 쉽다. 그럼에도 불구하고, 가동 요소(101)가 하강하는 경우, 가동 요소(101)는 고정자 측의 영구 자석(1403L)으로부터 반발력을 받으므로, 제1 예시적인 실시형태에서와 같이 포텐셜(Fz)을 깊게 하는 것이 용이하다. 따라서, 안정화를 용이하게 행할 수 있다.
- [0201] 포텐셜 에너지(ΦZ)의 정의는 제1 예시적인 실시형태의 것과 유사하기 때문에, 설명을 생략한다.
- [0202] [제4 예시적인 실시형태]
- [0203] 도 16을 참고해서 제4 예시적인 실시형태에 대해서 설명한다.
- [0204] 제1 예시적인 실시형태에서는, X 방향에서의 가동 요소(101)의 저면의 L측 및 R측의 단부에 2열의 영구 자석(108)이 배치 및 부착되는 예에 대해서 설명하였다.
- [0205] 본 예시적인 실시형태에서는, 제1 예시적인 실시형태의 구성요소에 추가하여, 영구 자석(1601L 및 1602L)의 세트가 Y 방향으로 배치되는 예에 대해서 설명한다. 도 16에서는, L측만이 도시되며, R측에 대한 도시 및 설명은 L측에 대한 것과 유사하기 때문에 생략한다. 도 16은 영구 자석(1601L) 및 영구 자석(1602L)을 하나씩만 도시하지만, 복수의 영구 자석(1601L) 및 복수의 영구 자석(1602L)이 X 방향으로 배치된다. 또한, 제1 예시적인 실시형태 또는 제2 예시적인 실시형태의 것으로부터 변경되지 않은 구성요소에 대해서는, 동일한 참조 번호를 부여하고 설명을 생략한다.
- [0206] Y 방향으로 영구 자석(1601L 및 1602L)의 세트를 배치함으로써, 가동 요소(101)의 위치를 Y 방향에서도 안정시킬 수 있다.
- [0207] 영구 자석(1601L 및 1602L)은 단독으로 제공될 수 있거나, 요크가 영구 자석의 후방측에 부착될 수 있다. 또한, 영구 자석(1601L)을 제5 자석 그룹이라 칭하기도 한다. 제5 자석 그룹에 포함되는 복수의 영구 자석을 제5 자석이라 칭하기도 한다. 제5 자석은 영구 자석에 한정되지 않고, 전자석일 수 있다. 또한, 영구 자석(1602L)을 제4 자석 그룹이라 지칭하기도 한다. 제4 자석 그룹에 포함되는 복수의 영구 자석을 제4 자석이라

지칭하기도 한다. 제4 자석은 영구 자석에 한정되지 않고, 전자석일 수 있다.

[0208] [제5 예시적인 실시형태]

[0209] 도 17을 참고해서 제5 예시적인 실시형태에 대해서 설명한다.

[0210] 제1 예시적인 실시형태에서는, X 방향에서의 가동 요소(101)의 저면의 L측 및 R측의 단부에 2열의 영구 자석(108)이 배치 및 부착되는 예에 대해서 설명하였다. 또한, 도 1에서는, 영구 자석(108L 및 127L)의 형상이 평판 형상인 예에 대해서 설명하였다.

[0211] 본 예시적인 실시형태에서는, 도 1에 도시되는 평판 형상을 갖는 영구 자석(108L 및 127L) 대신에, C 형상으로 만곡된 영구 자석(1701L 및 1702L)이 서로 대면하도록 배치되어 있는 예에 대해서 설명한다. 도 17에서는, L측만이 도시되고, R측에 대한 도시 및 설명은 L측에 대한 것과 유사하기 때문에 생략한다. 또한, 제1 예시적인 실시형태 또는 제2 예시적인 실시형태의 것으로부터 변경되지 않은 구성요소에 대해서는, 동일한 참조 번호를 부여하고 설명을 생략한다.

[0212] 도 17에 도시되는 바와 같이 C 형상으로 만곡된 영구 자석(1701L 및 1702L)을 배치함으로써, 가동 요소(101)의 위치를 Y 방향에서도 안정시킬 수 있다.

[0213] 영구 자석(1701L 및 1702L)이 단독으로 제공될 수 있거나, 요크가 영구 자석의 후방측에 부착될 수 있다.

[0214] 도 17에서는, 영구 자석(1701L) 및 영구 자석(1702L)은 영구 자석(1701L)이 영구 자석(1702L)에 의해 둘러싸이는 각각의 형상을 갖지만, 관계는 영구 자석(1702L)이 영구 자석(1701L)에 의해 둘러싸이도록 반대로 될 수 있다.

[0215] [제6 예시적인 실시형태]

[0216] 도 18을 참고해서 제6 예시적인 실시형태에 대해서 설명한다.

[0217] 제1 예시적인 실시형태에서는, X 방향에서의 가동 요소(101)의 저면의 L측 및 R측의 단부에 2열의 영구 자석(108)이 배치 및 부착되는 예에 대해서 설명하였다. 또한, 도 1에서는, 영구 자석(108L 및 127L)의 형상이 평판 형상인 예에 대해서 설명하였다.

[0218] 본 예시적인 실시형태에서는, 도 1에 도시되는 평판 형상을 갖는 영구 자석(108L) 대신에, 평판 형상을 갖는 영구 자석(1801aL 및 1802aL) 및 역시 평판 형상을 갖는 영구 자석(1801bL 및 1802bL)이, 영구 자석(1801aL 및 1802aL)이 영구 자석(1801aL 및 1802aL)에 대향하도록 V 형상으로 배치되는 예에 대해서 설명한다. 도 18에서는, L측만이 도시되며, R측에 대한 도시 및 설명은 L측의 것과 유사하기 때문에 생략한다. 또한, 제1 예시적인 실시형태 또는 제2 예시적인 실시형태의 것으로부터 변경되지 않은 구성요소에 대해서는, 동일한 참조 번호를 부여하고 설명을 생략한다.

[0219] 도 18에 도시되는 바와 같이 평판 형상을 갖는 영구 자석(1801aL 및 1802aL)을 V 형상으로 배치함으로써, 가동 요소(101)의 위치를 Y 방향에서도 안정시킬 수 있다.

[0220] 영구 자석(1801aL, 1802aL, 1801bL, 및 1802bL)은 단독으로 제공될 수 있거나, 요크가 영구 자석의 후방측에 부착될 수 있다.

[0221] 도 18에서는, 영구 자석(1801aL 및 1801bL)은 영구 자석(1801aL 및 1801bL)이 영구 자석(1802aL 및 1802bL)에 의해 둘러싸이는 형상을 각각 갖지만, 관계는 영구 자석(1802aL 및 1802bL)이 영구 자석(1801aL 및 1801bL)에 의해 둘러싸이도록 반대로 될 수 있다.

[0222] [제7 예시적인 실시형태]

[0223] 도 19를 참고해서 제7 예시적인 실시형태에 대해서 설명한다.

[0224] 제1 예시적인 실시형태에서는, X 방향에서의 가동 요소(101)의 저면의 L측 및 R측의 단부에 2열의 영구 자석(108)이 배치 및 부착되는 예에 대해서 설명하였다. 또한, 도 1에서는, 영구 자석(108L 및 127L)의 형상이 평판 형상인 예에 대해서 설명하였다.

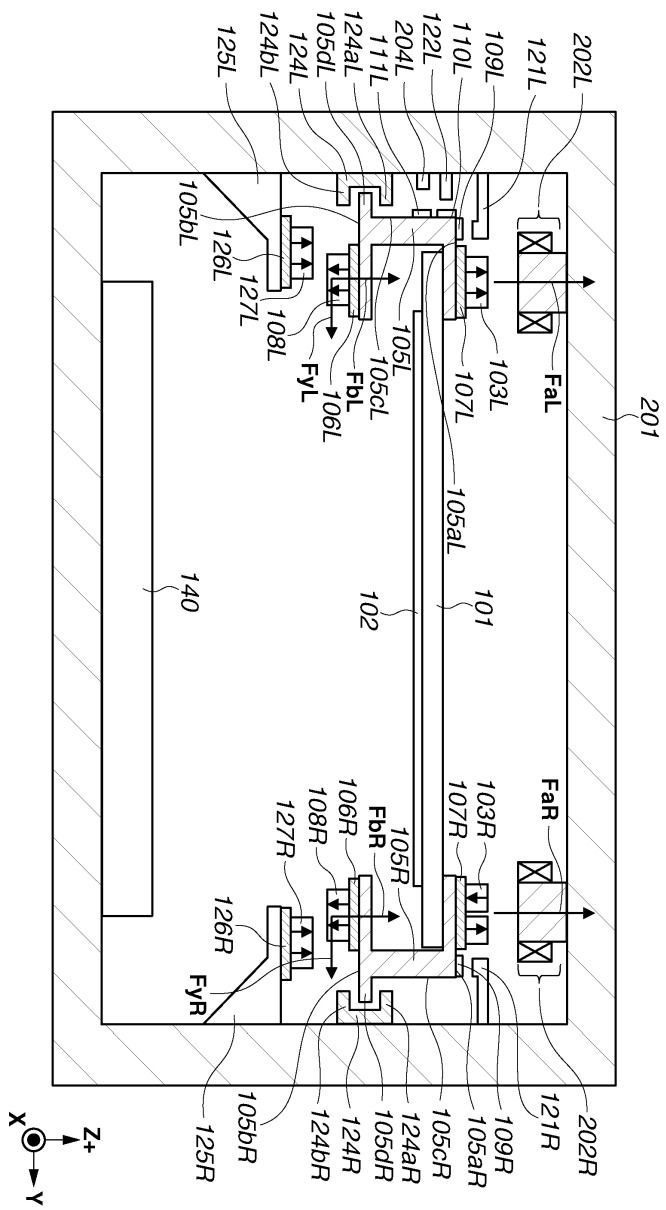
[0225] 본 예시적인 실시형태에서는, 도 1에서 L측에 1열로 배치된 영구 자석(127L) 대신에, L측에 2열로 배치된 영구 자석(1902aL 및 1902bL)이 영구 자석(108L)에 대향하도록 배치되는 예에 대해서 설명한다. 도 19에서는, L측만이 도시되어 있으며, R측에 대한 도시 및 설명은 L측의 것과 유사하기 때문에 생략한다. 또한, 제1 예시적인

실시형태 또는 제2 예시적인 실시형태의 것으로부터 변경되지 않은 구성요소에 대해서는, 동일한 참조 번호를 부여하고 설명을 생략한다.

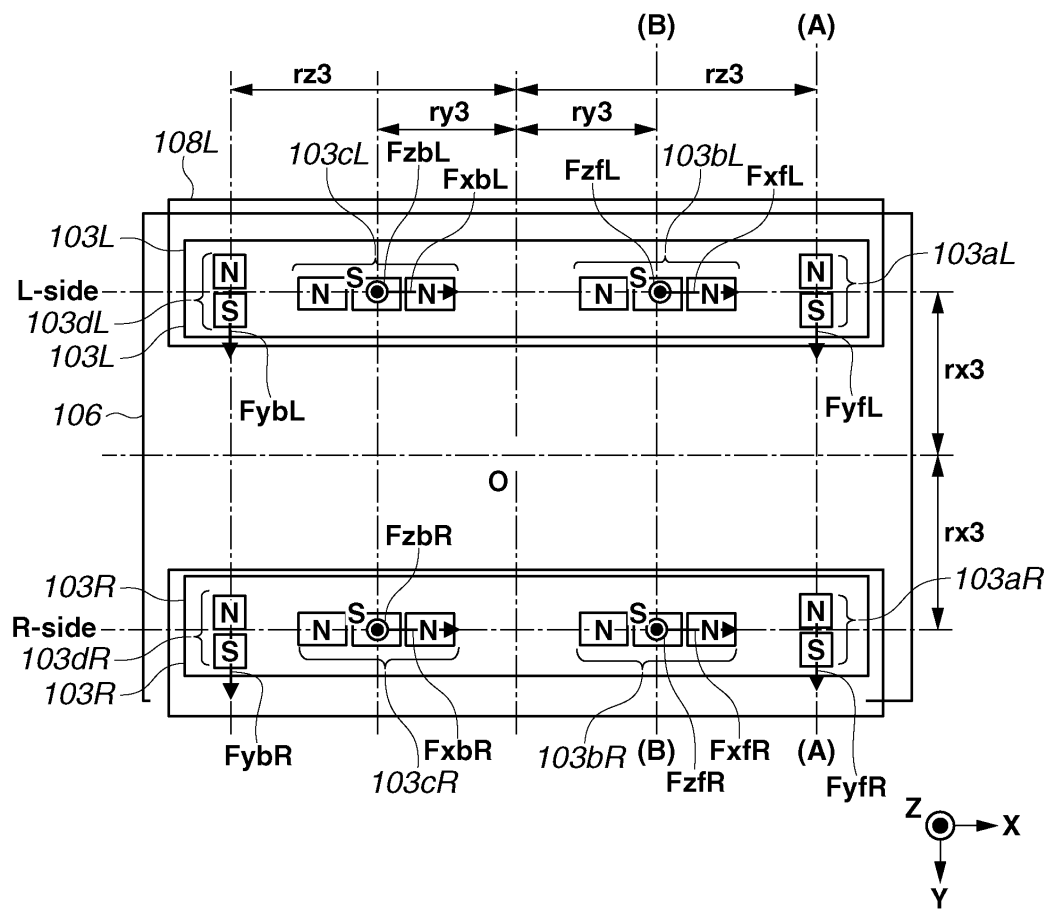
- [0226] 도 19에 도시되는 바와 같이 L측에 2열로 영구 자석(1902aL 및 1902bL)을 배치함으로써, 가동 요소(101)의 위치를 Y 방향서도 안정시킬 수 있다.
- [0227] 영구 자석(1902aL 및 1902bL)은 단독으로 제공될 수 있거나, 요크가 영구 자석의 후방측에 부착될 수 있다.
- [0228] 도 19에서는, 분할된 영구 자석(1902aL 및 1902bL)이 고정자 측에 부착되어 있지만, 가동 요소 측의 영구 자석(108L)과 고정자 측의 영구 자석(1902aL 및 1902bL) 사이의 배치 관계는 반대일 수 있다.
- [0229] 제1 내지 제7 예시적인 실시형태에서는, 코일(202) 및 영구 자석(103)의 조합이 가동 요소(101)의 상면 측에 제공되지만, 이 조합은 가동 요소(101)의 저면 측에 제공될 수 있다. 이 경우, 코어가 없는 코일(202)이 사용되는 것이 바람직하다. 코어가 없는 코일(202)이 사용되는 경우, 코일(202)에 전력이 공급되지 않으면, 코일(202)과 영구 자석(103) 사이의 흡인력은 가해지지 않는다. 따라서, 예를 들어 도 15에서 흡인력(1501)은 가해지지 않는다.
- [0230] 상술한 바와 같이, 본 개시내용의 예시적인 실시형태에 따르면, 가동 요소는 비접촉 방식으로 안정적으로 반송될 수 있다.
- [0231] 다른 실시형태
- [0232] 본 개시내용의 실시형태(들)는, 전술한 실시형태(들) 중 1개 이상의 기능을 실행하기 위해 저장 매체(보다 완전하게는 '비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체'라 칭할 수도 있음)에 기록된 컴퓨터 실행가능 명령어(예를 들어, 1개 이상의 프로그램)를 판독 및 실행하고 그리고/또는 전술한 실시형태(들) 중 1개 이상의 기능을 실행하는 1개 이상의 회로(예를 들어, 주문형 집적 회로(ASIC))를 포함하는 시스템 또는 장치의 컴퓨터에 의해, 그리고 예를 들어 전술한 실시형태(들) 중 1개 이상의 기능을 실행하기 위해 저장 매체로부터 컴퓨터 실행가능 명령어를 판독 및 실행함으로써 그리고/또는 전술한 실시형태(들) 중 1개 이상의 기능을 실행하기 위해 1개 이상의 회로를 제어함으로써 상기 시스템 또는 장치의 컴퓨터에 의해 실행되는 방법에 의해 실현될 수도 있다. 컴퓨터는 1개 이상의 프로세서(예를 들어, 중앙 처리 유닛(CPU), 마이크로 처리 유닛(MPU))를 포함할 수 있고 컴퓨터 실행가능 명령어를 판독 및 실행하기 위한 개별 컴퓨터 또는 개별 프로세서의 네트워크를 포함할 수 있다. 컴퓨터 실행가능 명령어는 예를 들어 네트워크 또는 저장 매체로부터 컴퓨터에 제공될 수 있다. 저장 매체는, 예를 들어 하드 디스크, 랜덤 액세스 메모리(RAM), 리드 온리 메모리(ROM), 분산형 컴퓨팅 시스템의 스토리지, 광학 디스크(예를 들어, 콤팩트 디스크(CD), 디지털 다기능 디스크(DVD) 또는 블루레이 디스크(BD)TM), 플래시 메모리 디바이스, 메모리 카드 등 중 1개 이상을 포함할 수 있다.
- [0233] (기타의 실시예)
- [0234] 본 발명은, 상기의 실시형태의 1개 이상의 기능을 실현하는 프로그램을, 네트워크 또는 기억 매체를 개입하여 시스템 혹은 장치에 공급하고, 그 시스템 혹은 장치의 컴퓨터에 있어서 1개 이상의 프로세서가 프로그램을 읽어 실행하는 처리에서도 실현가능하다.
- [0235] 또한, 1개 이상의 기능을 실현하는 회로(예를 들어, ASIC)에 의해서도 실행가능하다.
- [0236] 본 개시내용을 예시적인 실시형태를 참고하여 설명하였지만, 본 개시내용은 개시된 예시적인 실시형태로 한정되지 않음을 이해해야 한다. 이하의 청구항의 범위는 이러한 모든 변형과 동등한 구조 및 기능을 포함하도록 최광의로 해석되어야 한다.

도면

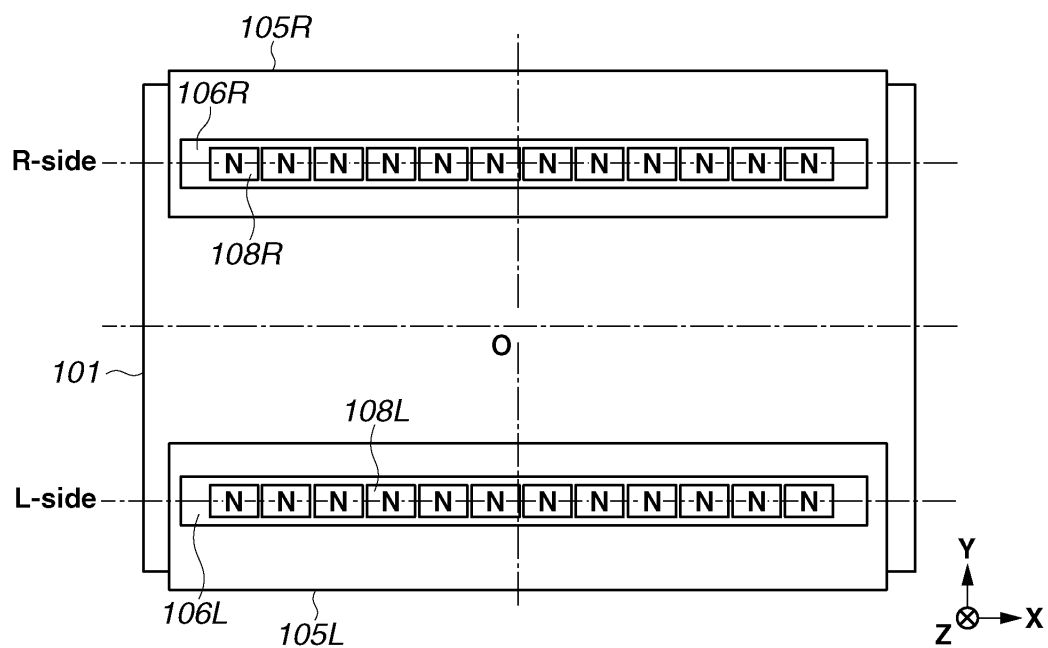
도면1



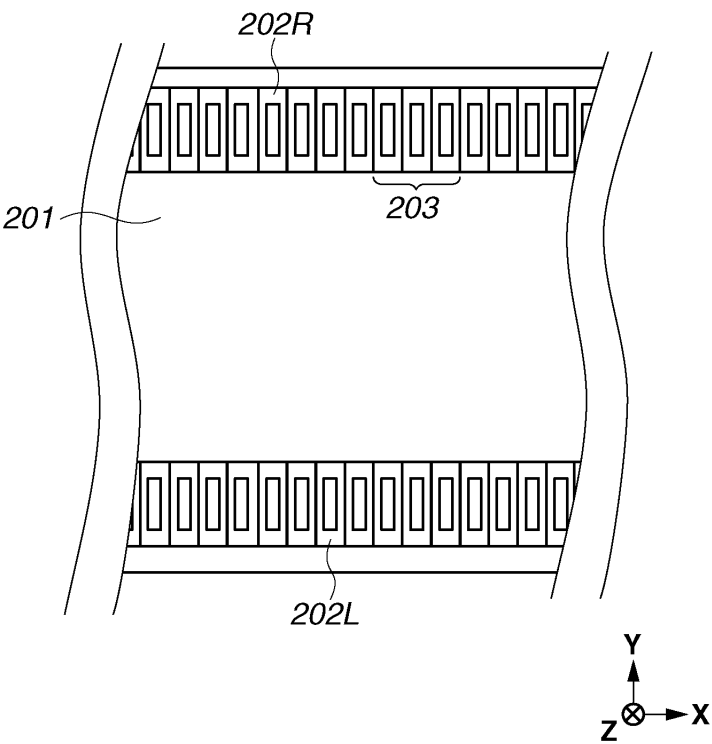
도면2a



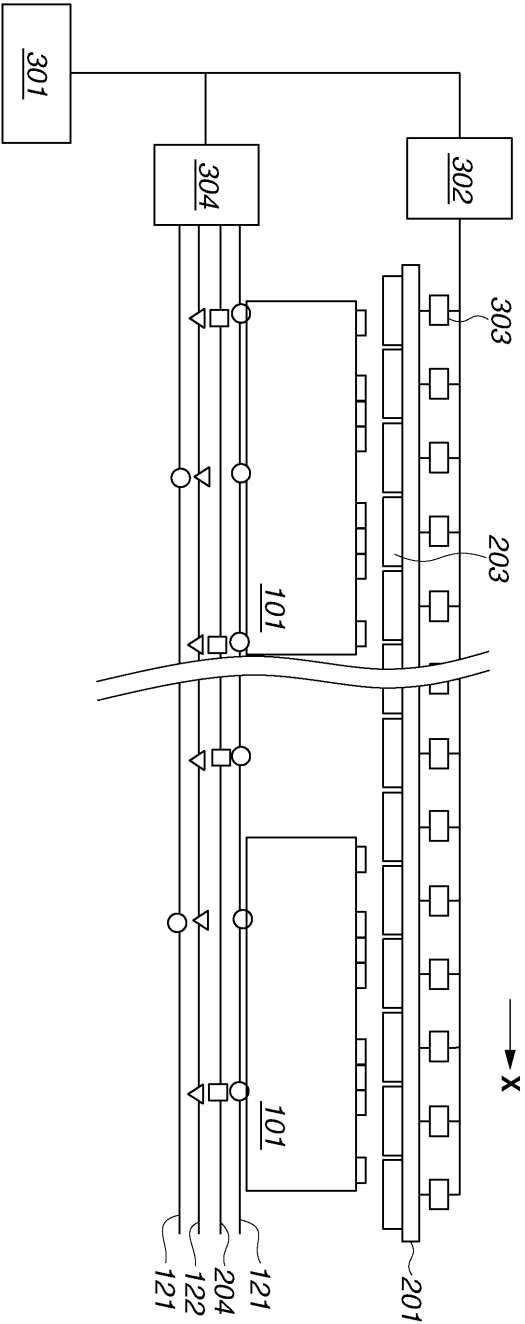
도면 2b



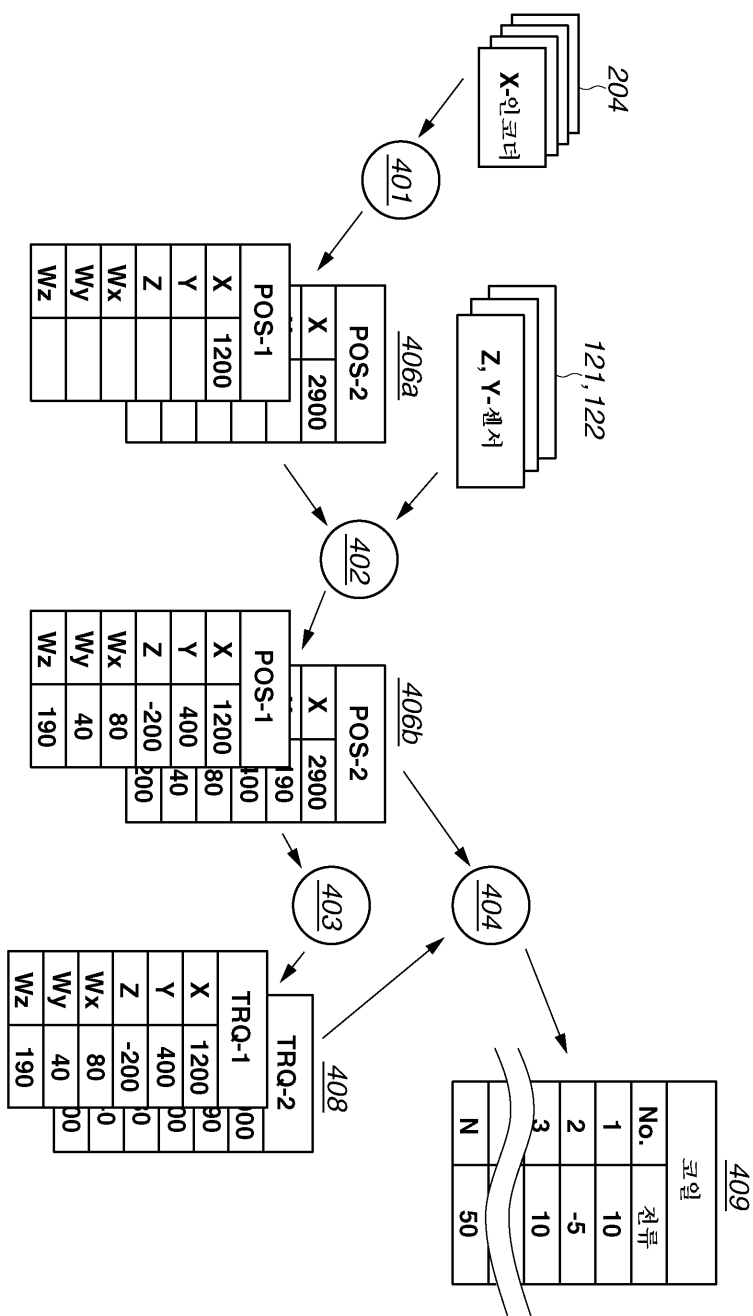
도면3



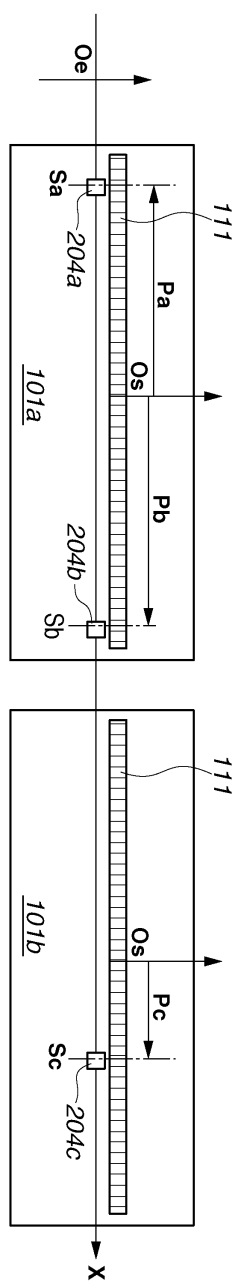
도면4



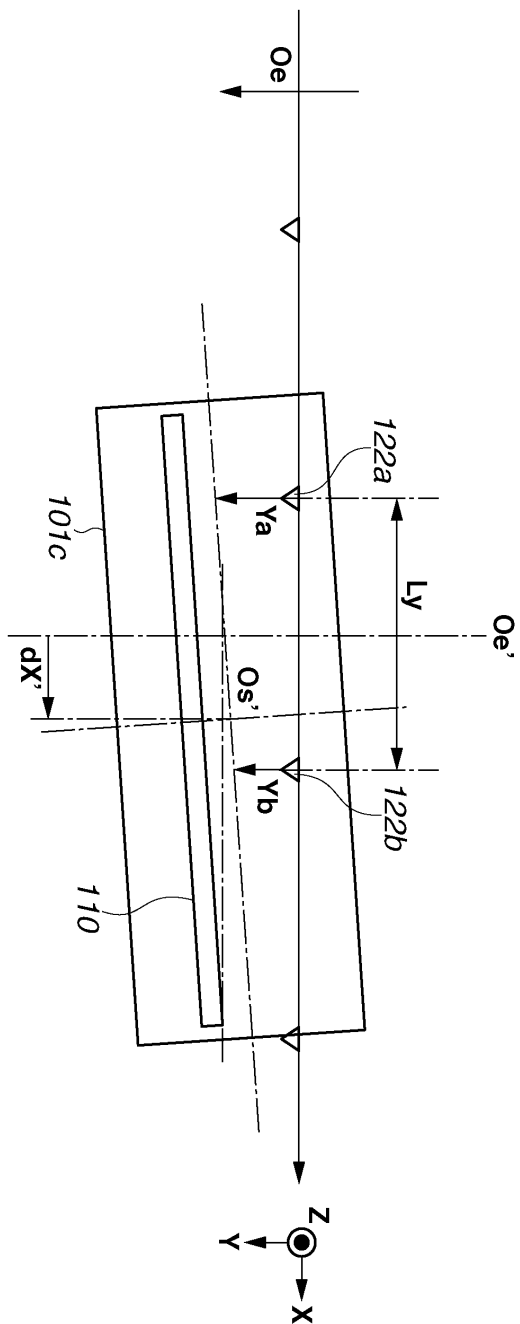
도면5



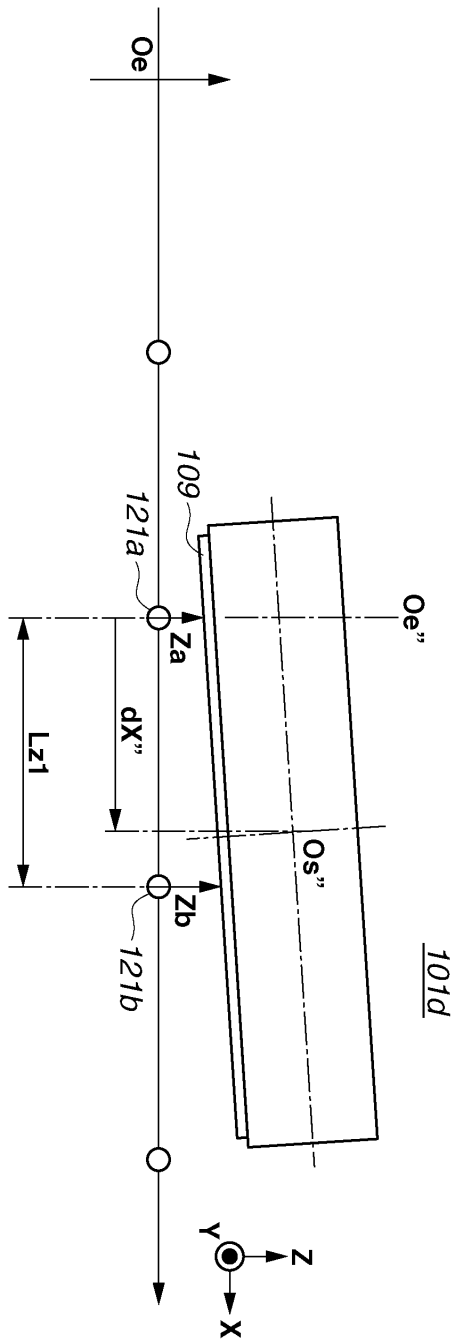
도면6



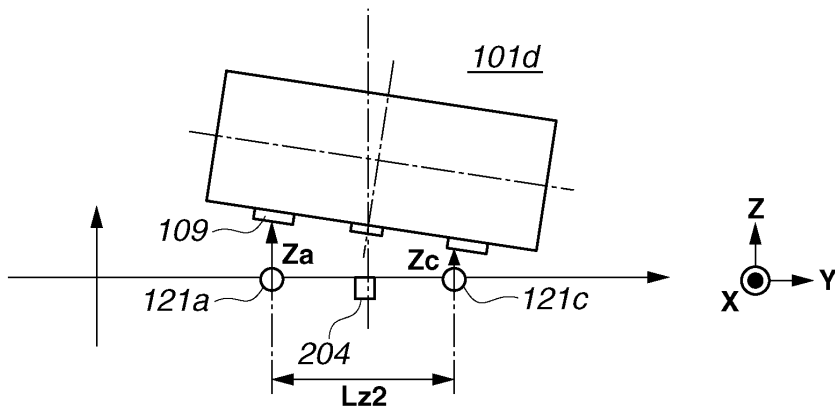
도면7



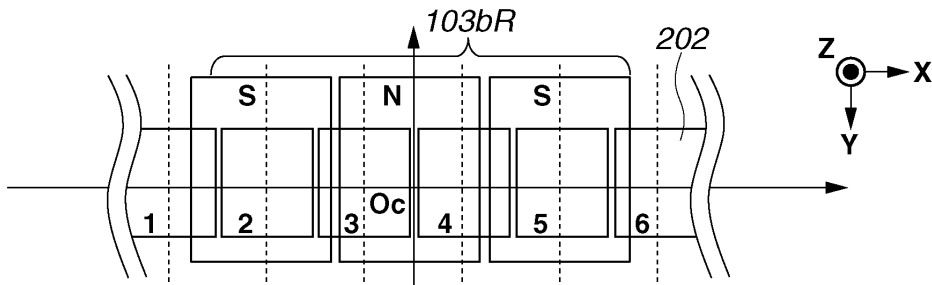
도면8a



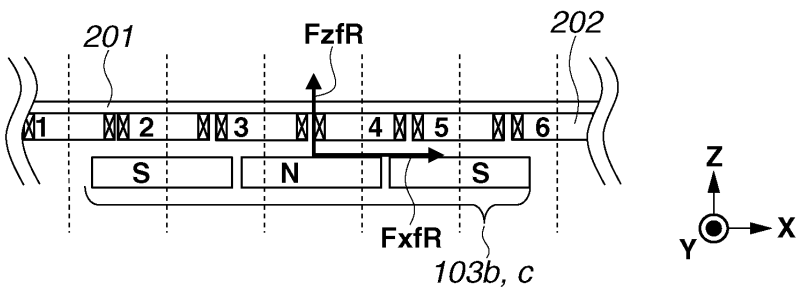
도면8b



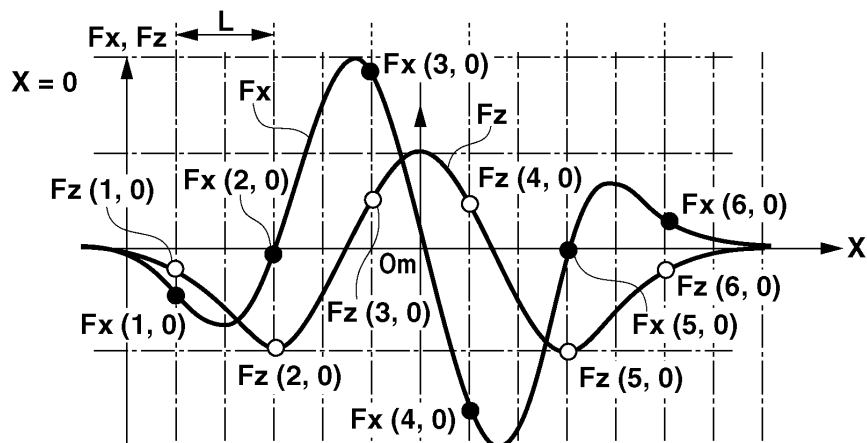
도면9a



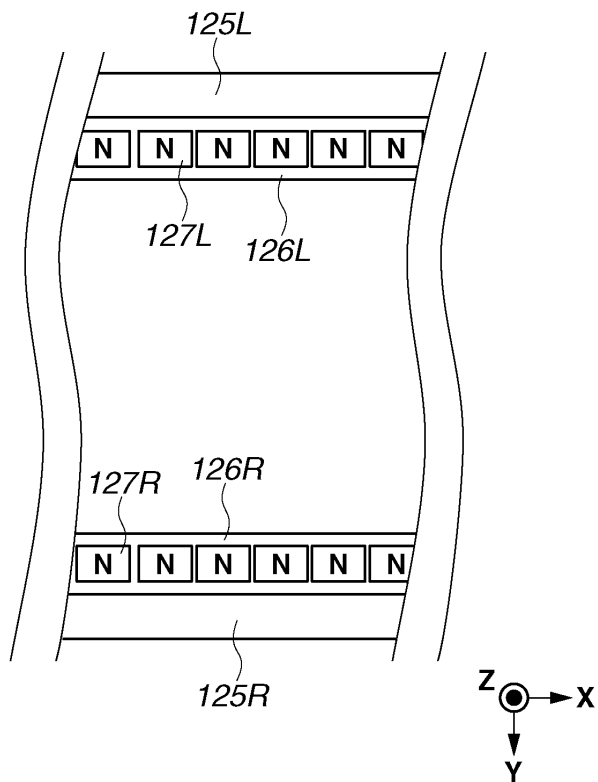
도면9b



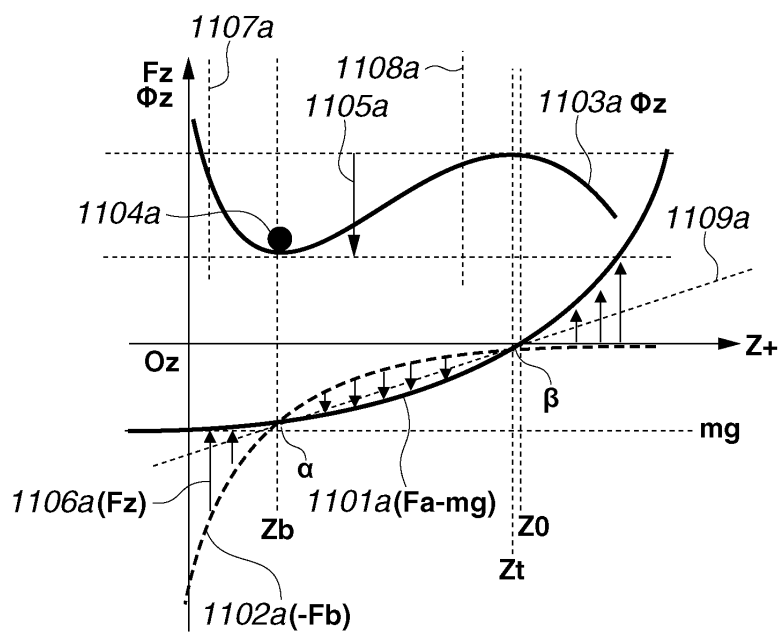
도면9c



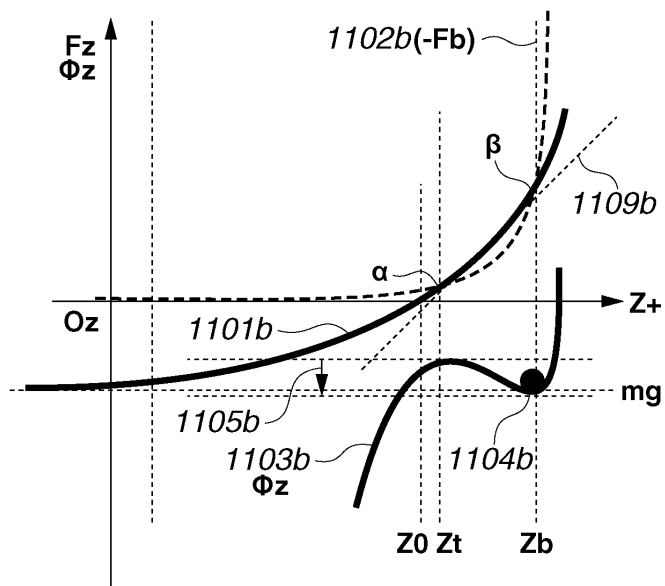
도면 10



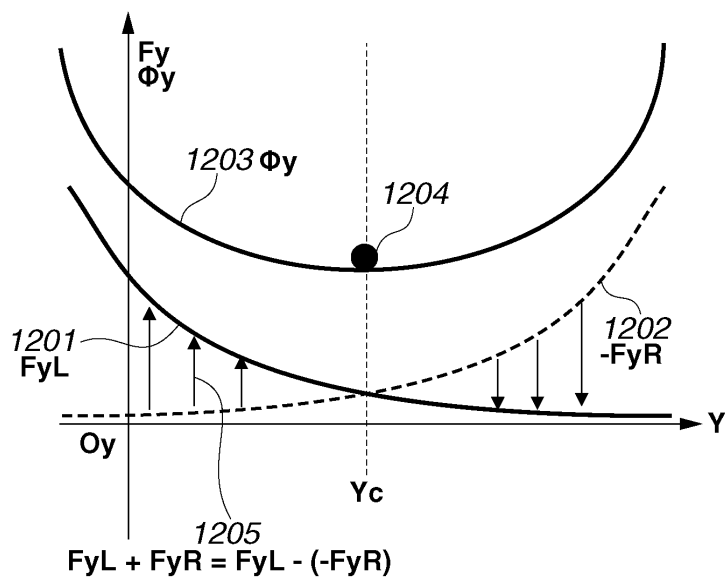
도면 11a



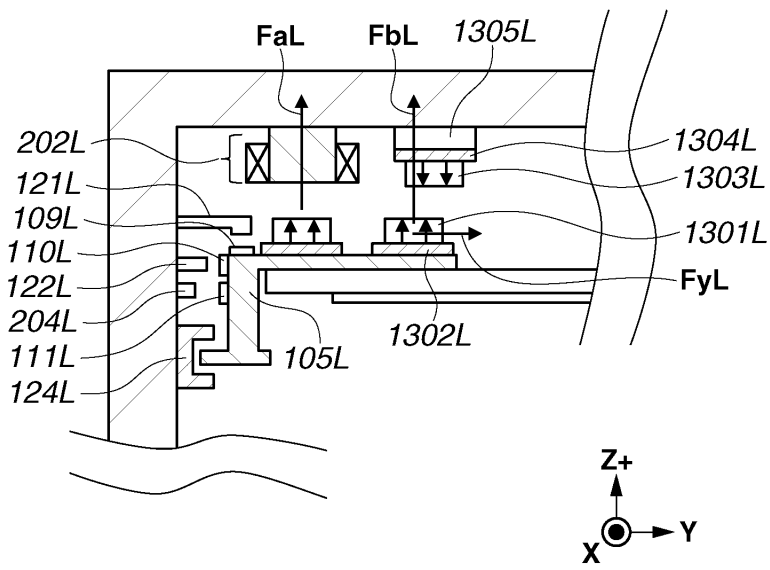
도면11b



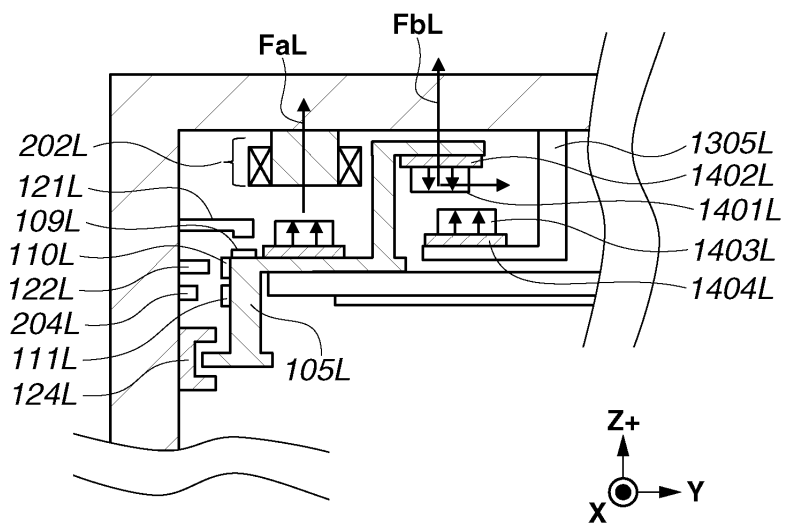
도면12



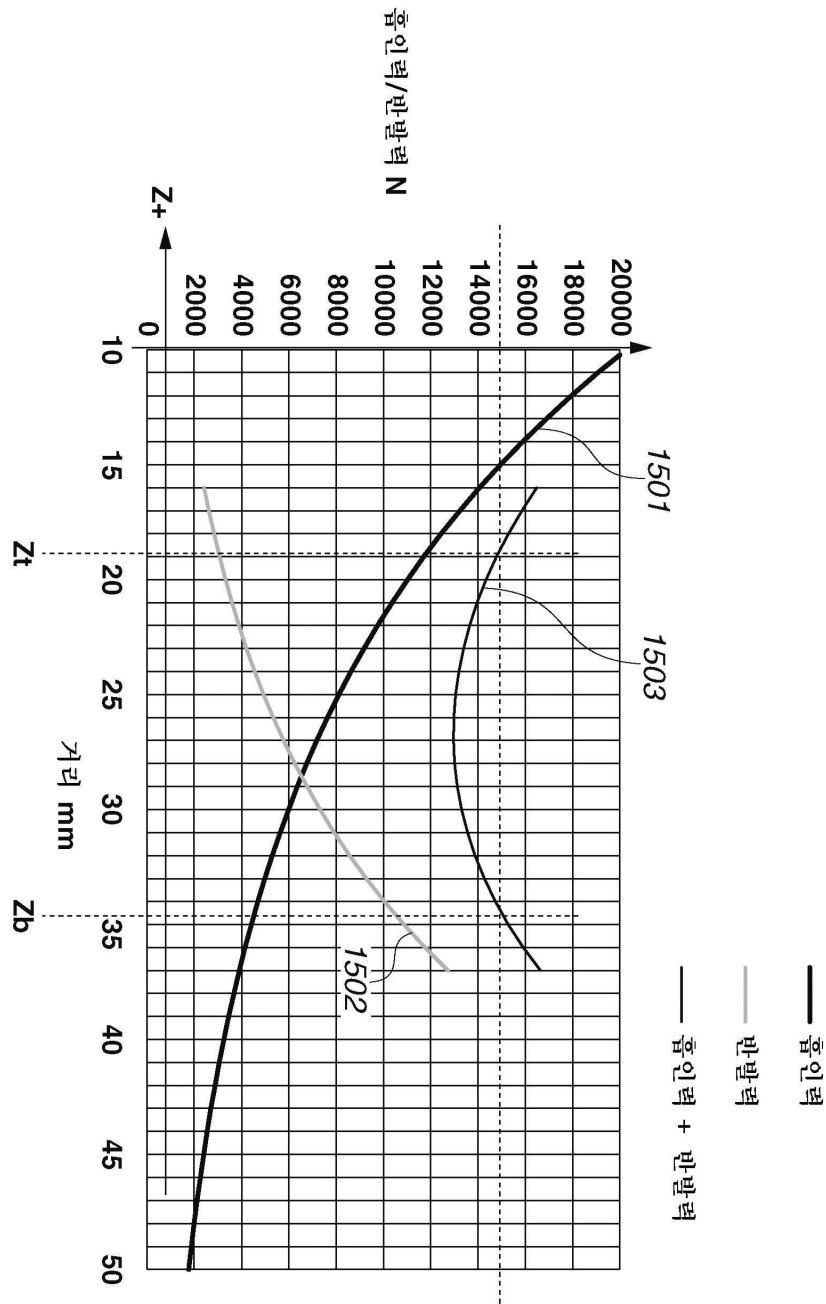
도면13



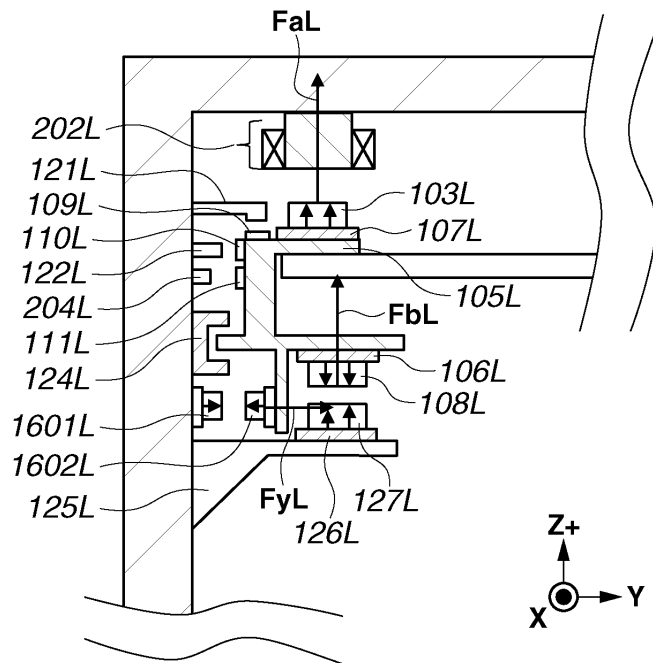
도면14



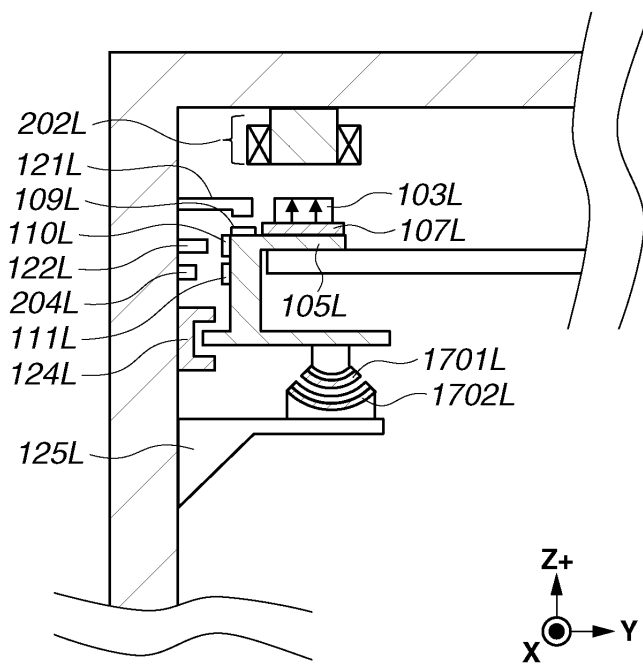
도면15



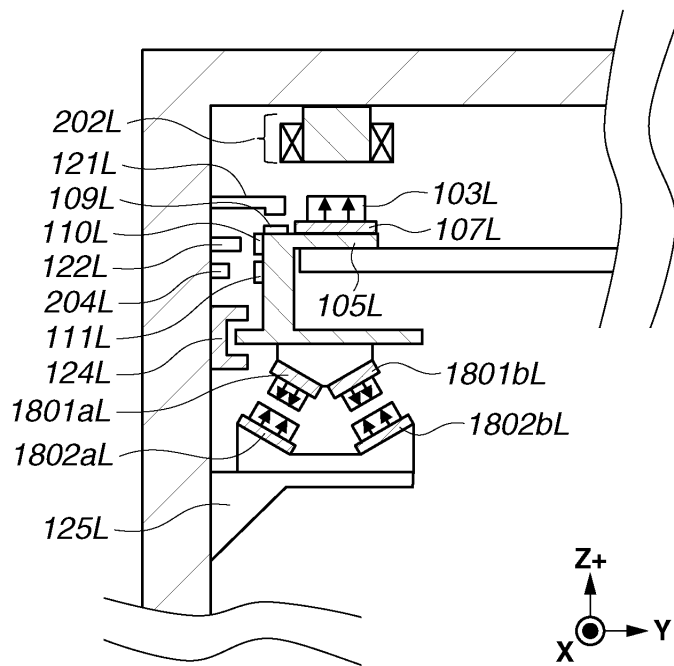
도면16



도면17



도면18



도면19

