



등록특허 10-2546009



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년06월22일
(11) 등록번호 10-2546009
(24) 등록일자 2023년06월16일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B65G 54/02 (2006.01) *H02K 41/03* (2006.01)
H02N 15/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
B65G 54/02 (2013.01)
H02K 41/031 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-0157174
- (22) 출원일자 2019년11월29일
심사청구일자 2021년05월27일
- (65) 공개번호 10-2020-0070108
- (43) 공개일자 2020년06월17일
- (30) 우선권주장
JP-P-2018-230243 2018년12월07일 일본(JP)
JP-P-2019-202780 2019년11월07일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP2004328830 A

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 20 항

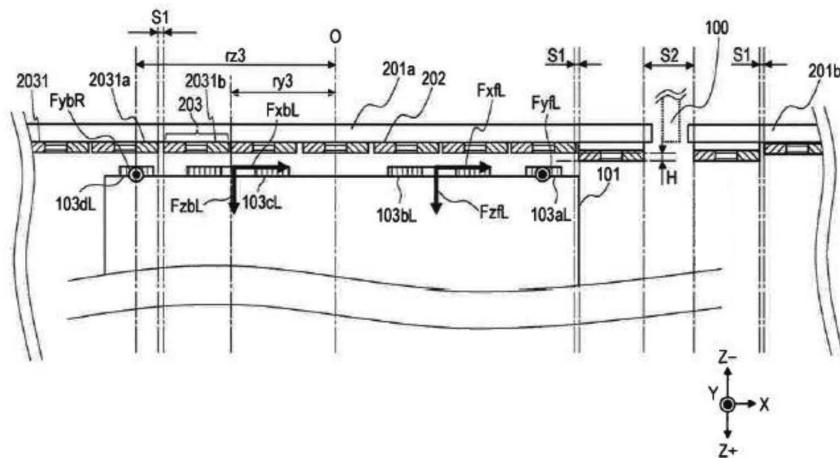
심사관 : 신상인

(54) 발명의 명칭 반송 장치 및 물품의 제조 방법

(57) 요 약

가동자를 안정적으로 원활하게 비접촉으로 반송할 수 있는 반송 장치 및 물품의 제조 방법을 제공한다.

제1 방향을 따라 배치된 복수의 코일과, 상기 복수의 코일을 따라 이동하는 가동자를 갖고, 상기 복수의 코일은, 소정의 간격으로 배치된 코일과, 상기 소정의 간격을 두고 배치된 코일보다 넓은 간격으로 배치된 두 코일을 갖고, 상기 넓은 간격으로 배치된 두 코일은, 상기 소정의 간격으로 배치된 코일의 가동자와 대향하는 면의, 가동자가 통과할 때의, 상기 가동자와의 사이의 거리에 비하여, 상기 가동자와의 사이의 거리가 좁아지는 위치에 배치되어 있다.

대 표 도

(52) CPC특허분류

H02N 15/00 (2013.01)

B65G 2812/99 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

JP08289531 A

JP06311609 A

KR1020110079888 A

JP05231068 A

KR1020130105339 A

JP2009532003 A

명세서

청구범위

청구항 1

제1 방향을 따라 배치된 복수의 코일과,

상기 복수의 코일을 따라 이동하는 가동자를 갖고,

상기 복수의 코일은, 양옆의 코일과의 사이의 간격이 소정의 간격으로 배치된 코일과, 양옆의 코일과의 사이의 간격의 한쪽이, 상기 소정의 간격보다 넓은 간격으로 배치된 코일을 갖고,

상기 가동자가, 상기 넓은 간격으로 배치된 코일과 대향하는 영역을 통과할 때의, 상기 넓은 간격으로 배치된 코일과 상기 가동자 사이의 거리는, 상기 가동자가, 양옆의 코일과의 사이의 간격이 상기 소정의 간격으로 배치된 코일과 대향하는 영역을 통과할 때의, 상기 소정의 간격으로 배치된 코일과 상기 가동자 사이의 거리에 비하여, 좁아지는 위치에 배치되어 있는 것을 특징으로 하는, 반송 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 넓은 간격으로 배치된 코일 사이에는, 강자성체 혹은 비투자율이 10 이상인 부재가 배치되어 있는 것을 특징으로 하는, 반송 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 강자성체 혹은 비투자율이 10 이상인 부재는, 상기 코일로부터 상기 넓은 간격에 의한 스페이스를 향하여 배치되어 있는 것을 특징으로 하는, 반송 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 넓은 간격으로 배치된 코일의, 상기 가동자가 통과할 때의 상기 가동자와의 사이의 거리는, 상기 소정의 간격으로 배치된 코일의 가동자와 대향하는 면의, 상기 가동자가 통과할 때의 상기 가동자와의 사이의 거리보다, 상기 소정의 간격과 상기 넓은 간격의 차의 3% 이상 15% 이하의 거리만큼 좁은 것을 특징으로 하는, 반송 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 가동자는, 제1 방향을 따라 배치된 제1 자석군과, 상기 제1 방향과 교차하는 제2 방향을 따라 배치된 제2 자석군을 갖는 것을 특징으로 하는, 반송 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제1 자석군 및 상기 제2 자석군은, 상기 가동자의 상면에 배치되어 있는 것을 특징으로 하는, 반송 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 양옆의 코일과의 사이의 간격이 소정의 간격으로 배치된 코일의 코어는, 상기 양옆의 코일과의 사이의 간격의 한쪽이, 상기 소정의 간격보다 넓은 간격으로 배치된 코일의 코어보다 작은 것을 특징으로 하는, 반송 장

치.

청구항 8

제1 방향을 따라 배치된 복수의 코일과,

상기 복수의 코일을 따라 이동하는 가동자를 갖고,

상기 복수의 코일은, 양옆의 코일과의 사이의 간격이 소정의 간격으로 배치된 코일과, 양옆의 코일과의 사이의 간격의 한쪽이, 상기 소정의 간격보다 넓은 간격으로 배치된 코일을 갖고,

상기 양옆의 코일과의 사이의 간격이 소정의 간격으로 배치된 코일의 코어는, 상기 양옆의 코일과의 사이의 간격의 한쪽이, 상기 소정의 간격보다 넓은 간격으로 배치된 코일의 코어보다 작은 것을 특징으로 하는, 반송 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 넓은 간격으로 배치된 코일 사이에는, 상기 코일로부터 상기 넓은 간격에 의한 스페이스를 향하여 강자성체 혹은 비투자율이 10 이상인 부재가 배치되어 있는 것을 특징으로 하는, 반송 장치.

청구항 10

제8항 또는 제9항에 있어서,

상기 가동자는, 제1 방향을 따라 배치된 제1 자석군과, 상기 제1 방향과 교차하는 제2 방향을 따라 배치된 제2 자석군을 갖는 것을 특징으로 하는, 반송 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제1 자석군 및 상기 제2 자석군은, 상기 가동자의 상면에 배치되어 있는 것을 특징으로 하는, 반송 장치.

청구항 12

제1 방향을 따라 배치된 복수의 코일이 수용된 복수의 코일 박스와,

상기 복수의 코일 박스를 따라 이동하는 가동자를 갖고,

상기 복수의 코일 박스는, 양옆의 코일 박스와의 사이의 간격이 소정의 간격으로 배치된 코일 박스와, 양옆의 코일 박스와의 사이의 간격의 한쪽이, 상기 소정의 간격보다 넓은 간격으로 배치된 코일 박스를 갖고,

상기 가동자가, 상기 넓은 간격으로 배치된 코일 박스와 대향하는 영역을 통과할 때의, 상기 넓은 간격으로 배치된 코일 박스와 상기 가동자 사이의 거리는, 상기 가동자가, 양옆의 코일 박스와의 사이의 간격이 상기 소정의 간격으로 배치된 코일 박스와 대향하는 영역을 통과할 때의, 상기 소정의 간격으로 배치된 코일 박스와 상기 가동자 사이의 거리에 비하여, 좁아지는 위치에 배치되어 있는 것을 특징으로 하는, 반송 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 넓은 간격으로 배치된 코일 박스의 사이에는, 강자성체 혹은 비투자율이 10 이상인 부재가 배치되어 있는 것을 특징으로 하는, 반송 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 강자성체 혹은 비투자율이 10 이상인 부재는, 상기 코일 박스로부터 상기 넓은 간격에 의한 스페이스를 향하여 배치되어 있는 것을 특징으로 하는, 반송 장치.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 넓은 간격으로 배치된 코일 박스의, 상기 가동자가 통과할 때의 상기 가동자와의 사이의 거리는, 상기 소정의 간격으로 배치된 코일 박스의 가동자와 대향하는 면의, 상기 가동자가 통과할 때의 상기 가동자와의 사이의 거리보다, 상기 소정의 간격과 상기 넓은 간격의 차의 3% 이상 15% 이하의 거리만큼 좁은 것을 특징으로 하는, 반송 장치.

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 가동자는, 제1 방향을 따라 배치된 제1 자석군과, 상기 제1 방향과 교차하는 제2 방향을 따라 배치된 제2 자석군을 갖는 것을 특징으로 하는, 반송 장치.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 제1 자석군 및 상기 제2 자석군은, 상기 가동자의 상면에 배치되어 있는 것을 특징으로 하는, 반송 장치.

청구항 18

제1 방향을 따라 배치된 복수의 코일과,

상기 복수의 코일을 따라 이동하는 가동자를 갖고,

상기 복수의 코일은, 양옆의 코일과의 사이의 간격이 소정의 간격으로 배치된 코일과, 양옆의 코일과의 사이의 간격의 한쪽이, 상기 소정의 간격보다 넓은 간격으로 배치된 코일을 갖고,

상기 넓은 간격으로 배치된 코일은, 상기 넓은 간격에 의한 스페이스를 향하여, 강자성체 혹은 비투자율이 10 이상인 부재가 배치되어 있는 것을 특징으로 하는, 반송 장치.

청구항 19

제1 방향을 따라 배치된 복수의 코일 박스와,

상기 복수의 코일 박스를 따라 이동하는 가동자를 갖고,

상기 복수의 코일 박스는, 양옆의 코일 박스와의 사이의 간격이 소정의 간격으로 배치된 코일 박스와, 양옆의 코일 박스와의 사이의 간격의 한쪽이, 상기 소정의 간격보다 넓은 간격으로 배치된 코일 박스를 갖고,

상기 넓은 간격으로 배치된 코일 박스는, 상기 넓은 간격에 의한 스페이스를 향하여, 강자성체 혹은 비투자율이 10 이상인 부재가 배치되어 있는 것을 특징으로 하는, 반송 장치.

청구항 20

제1항에 기재된 반송 장치에 의해 반송된 워크에 가공을 행하여, 물품을 제조하는 것을 특징으로 하는, 물품의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 반송 장치 및 물품의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 공업 제품을 조립하기 위한 생산 라인이나 반도체 노광 장치 등에서는, 반송 시스템이 사용되고 있다. 특히, 생산 라인에 있어서의 반송 시스템은, 공장 자동화된 생산 라인 내 또는 생산 라인 사이의 복수의 스테이션 사이에서, 부품 등의 워크를 반송한다. 또한, 프로세스 장치 중의 반송 장치로서 사용되는 경우도 있

다. 반송 시스템으로서는, 가동 자석형 리니어 모터에 의한 반송 시스템이 이미 제안되어 있다.

[0003] 가동 자석형 리니어 모터에 의한 반송 시스템에서는, 리니어 가이드 등의 기계적인 접촉을 수반하는 안내 장치를 사용하여 반송 시스템을 구성한다. 그러나, 리니어 가이드 등의 안내 장치를 사용한 반송 시스템에서는, 리니어 가이드의 미끄럼 이동부로부터 발생되는 오염 물질, 예를 들어 레일이나 베어링의 마모편이나 윤활유, 또는 그것이 휘발된 것 등이 생산성을 악화시킨다는 문제가 있었다. 또한, 고속 반송 시에는 미끄럼 이동부의 마찰이 커져서 리니어 가이드의 수명을 짧게 한다는 문제가 있었다.

[0004] 그래서, 특허문현 1에는, 반송 트레이를 비접촉으로 반송 가능한 자기 부상 반송 장치가 기재되어 있다. 문현 1에서 기재되어 있는 바와 같은 자기 부상 반송 장치는, 반송 트레이의 반송 방향을 따라, 챔버의 상부에는 부상용 전자석을, 챔버의 측면에는 고정자 코일을 일정 간격으로 배열함으로써 안정적으로 비접촉 상태에서의 반송을 실현시키고 있다.

선행기술문현

특허문현

[0005] (특허문현 0001) 일본 특허 공표 제2016-532308호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 그러나, 생산 라인 내 또는 생산 라인 사이의 복수의 스테이션 사이에서 워크 등의 가동자를 반송할 경우, 아무리 해도 전자석이나 코일을 배치할 수 없는 장소가 있다. 예를 들어, 진공 챔버에 있어서는, 메인더너스, 분위기 제어를 행할 목적을 위해 도중에 게이트 밸브를 마련하여 칸막이할 필요가 있다. 이와 같은 경우, 일정 간격으로 전자석이나 코일을 배치할 수 없다. 그 때문에, 흡인력의 변화에 의해 반송 중의 부품이나 워크가 기울어져 버리거나, 낙하해 버리거나 할 가능성이 있다.

[0007] 본 발명은 가동자를 안정적으로 원활하게 비접촉으로 반송할 수 있는 반송 장치 및 물품의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 하고 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 반송 장치는, 제1 방향을 따라 배치된 복수의 코일파, 상기 복수의 코일을 따라 이동하는 가동자를 갖고, 상기 복수의 코일은, 양옆의 코일과의 사이의 간격이 소정의 간격으로 배치된 코일파, 양옆의 코일과의 사이의 간격의 한쪽이, 상기 소정의 간격보다 넓은 간격으로 배치된 코일을 가지며, 상기 가동자가, 상기 넓은 간격으로 배치된 코일과 대향하는 영역을 통과할 때의, 상기 넓은 간격으로 배치된 코일과 상기 가동자 사이의 거리는, 상기 가동자가, 양옆의 코일과의 사이의 간격이 상기 소정의 간격으로 배치된 코일과 대향하는 영역을 통과할 때의, 상기 소정의 간격으로 배치된 코일과 상기 가동자 사이의 거리에 비하여, 좁아지는 위치에 배치되어 있는 것을 특징으로 한다.

[0009] 본 발명의 반송 장치는, 제1 방향을 따라 배치된 복수의 코일이 수용된 복수의 코일 박스와, 상기 복수의 코일 박스를 따라 이동하는 가동자를 갖고, 상기 복수의 코일 박스는, 양옆의 코일 박스와의 사이의 간격이 소정의 간격으로 배치된 코일 박스와, 양옆의 코일 박스와의 사이의 간격의 한쪽이, 상기 소정의 간격보다 넓은 간격으로 배치된 코일 박스를 갖고, 상기 가동자가, 상기 넓은 간격으로 배치된 코일 박스와 대향하는 영역을 통과할 때의, 상기 넓은 간격으로 배치된 코일 박스와 상기 가동자 사이의 거리는, 상기 가동자가, 양옆의 코일 박스와의 사이의 간격이 상기 소정의 간격으로 배치된 코일 박스와 대향하는 영역을 통과할 때의, 상기 소정의 간격으로 배치된 코일 박스와 상기 가동자 사이의 거리에 비하여, 좁아지는 위치에 배치되어 있는 것을 특징으로 한다.

[0010] 본 발명의 물품의 제조 방법은, 상기 반송 장치에 의해 반송된 워크에 가공을 행하여, 물품을 제조하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 본 발명의 다른 특징은 (첨부된 도면을 참조하여) 예시적인 실시예에 대한 다음의 설명으로부터 명백해질 것이

다.

도면의 간단한 설명

[0012]

도 1a는 본 발명의 제1 실시 형태를 도시하는 개략도이다.

도 1b는 본 발명의 제1 실시 형태를 도시하는 개략도이다.

도 2는 본 발명의 제1 실시 형태를 도시하는 개략도이다.

도 3은 본 발명의 제1 실시 형태를 도시하는 개략도이다.

도 4는 본 발명의 제1 실시 형태를 도시하는 개략도이다.

도 5는 본 발명의 제1 실시 형태를 도시하는 개략도이다.

도 6은 본 발명의 제1 실시 형태를 설명하는 개략도이다.

도 7은 본 발명의 제1 실시 형태를 설명하는 개략도이다.

도 8a는 본 발명의 제1 실시 형태를 설명하는 개략도이다.

도 8b는 본 발명의 제1 실시 형태를 설명하는 개략도이다.

도 9는 본 발명의 제1 실시 형태의 설명하는 개략도이다.

도 10은 본 발명의 제1 실시 형태를 설명하는 개략도이다.

도 11은 본 발명의 제1 실시 형태를 설명하는 개략도이다.

도 12는 본 발명의 제2 실시 형태를 설명하는 개략도이다.

도 13은 본 발명의 제3 실시 형태를 설명하는 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013]

[제1 실시 형태]

[0014]

이하, 도면을 참조하여 본 발명의 제1 실시 형태에 대해 도 1a 내지 도 9를 사용하여 설명한다.

[0015]

도 1a 및 도 1b는, 본 실시 형태에 따른 가동자(101) 및 고정자(201a, 201b)를 포함하는 반송 시스템의 전체 구성을 도시하는 개략도이다. 또한, 도 1a 및 도 1b는, 가동자(101) 및 고정자(201a, 201b)의 주요 부분을 발출하여 나타낸 것이다. 또한, 도 1a는 가동자(101)를 후술하는 Y 방향으로부터 본 도면, 도 1b는 가동자(101)를 후술하는 Z 방향으로부터 본 도면이다. 도 1a는, 고정자(201a)와 고정자(201b) 사이에 예를 들어 벨브 게이트 등의 구조물(100)이 존재하고 있는 장소를 나타내고 있다. 즉, 생산 라인 내 또는 생산 라인 사이의 복수의 스테이션 사이에서, 연속해서 전자석이나 코일을 배치할 수 없는 장소를 나타내고 있다. 본 실시 형태에 있어서는, 구조물을 사이에 두고 2개의 고정자를 배치하는 경우를 기재했지만, 이에 한정되지 않고, 고정자가 하나이며 코일과 코일 사이에 스페이스(간극)가 있는 경우여도 된다. 본 실시 형태는, 연속해서 전자석이나 코일을 배치할 수 없는 장소에 인접하는 코일의 위치(코어의 위치)를, 그 밖의 코일(코어)보다도 낮은 위치(가동자와 근접하는 위치)에 배치함으로써, 가동자의 기울어짐이나 낙하를 억제하는 것이다. 본 실시 형태에 있어서는, 특히 구별할 필요가 없는 한, 고정자를 단순히 「고정자(201)」라고 표기한다. 각 고정자(201) 개별적으로 특정할 필요가 있는 경우, 「고정자(201a)」, 「고정자(201b)」라고 표기하여 각 고정자(201)를 개별적으로 특정한다.

[0016]

먼저, 본 실시 형태에 따른 반송 장치를 갖는 반송 시스템의 전체 구성에 대해 도 1a 및 도 1b를 사용하여 설명한다.

[0017]

도 1a 및 도 1b에 도시하는 바와 같이, 본 실시 형태에 따른 반송 장치를 갖는 반송 시스템(1)은, 대차, 슬라이더 또는 캐리지를 구성하는 가동자(101)와, 반송로를 구성하는 고정자(201)를 갖고 있다. 반송 시스템(1)은, 가동 자석형 리니어 모터(무빙 영구 자석형 리니어 모터, 가동계자형 리니어 모터)에 의한 반송 시스템이다. 또한, 반송 시스템(1)은, 리니어 가이드 등의 안내 장치를 갖지 않고, 고정자(201) 상에 있어서 비접촉으로 가동자(101)를 반송하는 자기 부상형 반송 시스템으로서 구성되어 있다.

- [0018] 반송 시스템(1)은, 예를 들어 고정자(201)에 의해 가동자(101)를 반송함으로써, 가동자(101) 상의 워크(102)를, 워크(102)에 대해 가공 작업을 실시하는 공정 장치로 반송한다. 워크에 가공 작업을 실시함으로써, 고정밀도 물품을 제조할 수 있다. 또한, 도 1a 및 도 1b에서는, 고정자(201)에 대해 1대의 가동자(101)를 나타내고 있지만, 이에 한정되는 것은 아니다. 반송 시스템(1)에 있어서는, 복수대의 가동자(10)가 고정자(201) 상에서 반송될 수 있다.
- [0019] 여기서, 이하의 설명에서 사용되는 좌표축, 방향 등을 정의한다. 먼저, 가동자(101)의 반송 방향인 수평 방향을 따라 X축을 취하고, 가동자(101)의 반송 방향을 X 방향이라 한다. 또한, X 방향과 직교하는 방향인 연직 방향을 따라 Z축을 취하고, 연직 방향을 Z 방향이라 한다. 또한, X 방향 및 Z 방향에 직교하는 방향을 따라 Y축을 취하고, X 방향 및 Z 방향에 직교하는 방향을 Y 방향이라 한다. 또한, X축 둘레의 회전을 W_x , Y축, Z축 둘레의 회전을 각각 W_y , W_z 라 한다. 또한, 승산의 기호로서 "*"를 사용한다. 또한, 가동자(101)의 중심을 원점 0로 하여 $Y+Z$ 축을 R축, $Y-Z$ 축을 L축으로 하여 기재한다. 또한, 가동자(101)의 반송 방향은 반드시 수평 방향일 필요는 없지만, 그 경우도 반송 방향을 X 방향으로 하여 마찬가지로 Y 방향 및 Z 방향을 정할 수 있다.
- [0020] 다음에, 본 실시 형태에 따른 반송 시스템(1)에 있어서의 반송 대상인 가동자(101)에 대해 도 1a, 도 1b 및 도 2를 사용하여 설명한다. 도 2는, 본 실시 형태에 따른 반송 시스템(1)에 있어서의 가동자(101) 및 고정자(201)를 도시하는 개략도이다. 또한, 도 2는, 가동자(101) 및 고정자(201)를 X 방향으로부터 본 도면이다. 또한, 도 2의 좌측 절반은, 도 1b의 (A)-(A) 선을 따른 단면(A)을 나타내고 있다. 또한, 도 2의 우측 절반은, 도 1b의 (B)-(B) 선을 따른 단면(B)을 나타내고 있다.
- [0021] 도 1a, 도 1b 및 도 2에 도시하는 바와 같이, 가동자(101)는, 영구 자석(103)으로서, 영구 자석(103aR, 103bR, 103cR, 103dR, 103aL, 103bL, 103cL, 103dL)을 갖고 있다.
- [0022] 영구 자석(103)은, 가동자(101)의 X 방향을 따른 상면의 L측 R측 단부에 2열 배치되어 장착되어 있다. 구체적으로는, 가동자(101) 상면의 R측에, 영구 자석(103aR, 103bR, 103cR, 103dR)이 장착되어 있다. 또한, 가동자(101) 상면의 L측에, 영구 자석(103aL, 103bL, 103cL, 103dL)이 장착되어 있다. 또한, 이하에서는, 특히 구별할 필요가 없는 한, 가동자(101)의 영구 자석을 단순히 「영구 자석(103)」이라고 표기한다. 또한, R측과 L측을 구별할 필요까지는 없지만, 각 영구 자석(103)을 개별적으로 특정할 필요가 있는 경우, 각 영구 자석(103)에 대한 부호의 말미로부터 R 또는 L을 제외한 식별자로서의 소문자 알파벳까지의 부호를 사용하여 각 영구 자석(103)을 개별적으로 특정한다. 이 경우, 「영구 자석(103a)」, 「영구 자석(103b)」, 「영구 자석(103c)」 또는 「영구 자석(103d)」이라고 표기하여, 각 영구 자석(103)을 개별적으로 특정한다.
- [0023] 영구 자석(103aR, 103dR)은, 가동자(101)의 X 방향을 따른 상면의 R측에 있어서의 X 방향의 한쪽 단부 및 다른 쪽 단부에 장착되어 있다. 영구 자석(103bR, 103cR)은, 가동자(101) 상면의 R측의 영구 자석(103aR, 103dR) 사이에 장착되어 있다. 영구 자석(103aR, 103bR, 103cR, 103dR)은, 예를 들어 X 방향으로 등피치로 배치되어 있다. 또한, 영구 자석(103aR, 103bR, 103cR, 103dR)은, 각각의 중심이, 예를 들어 가동자(101) 상면의 중심으로부터 R측으로 소정 거리 rx3 이격된 X 방향을 따른 직선 상에 배열되도록 배치되어 있다.
- [0024] 영구 자석(103aL, 103dL)은, 가동자(101)의 X 방향을 따른 상면의 L측에 있어서의 X 방향의 한쪽 단부 및 다른 쪽 단부에 장착되어 있다. 영구 자석(103bL, 103cL)은, 가동자(101)의 상면의 L측의 영구 자석(103aL, 103dL) 사이에 장착되어 있다. 영구 자석(103aL, 103bL, 103cL, 103dL)은, 예를 들어 X 방향으로 등피치로 배치되어 있다. 또한, 영구 자석(103aL, 103bL, 103cL, 103dL)은, 각각의 중심이, 예를 들어 가동자(101) 상면의 중심으로부터 L측으로 소정 거리 rx3 이격된 X 방향을 따른 직선 상에 배열되도록 배치되어 있다. 또한, 영구 자석(103aL, 103bL, 103cL, 103dL)은, X 방향에 있어서 각각 영구 자석(103aR, 103bR, 103cR, 103dR)과 동일 위치에 배치되어 있다.
- [0025] 영구 자석(103a, 103d)은, 각각 가동자(101)가 중심인 원점 0로부터 X 방향의 한쪽 및 다른 쪽 측으로 거리 rz3 만큼 이격된 위치에 장착되어 있다. 영구 자석(103a, 103b, 103c, 103d)은, 각각 원점 0로부터 Y 방향에 거리 rx3만큼 이격된 위치에 장착되어 있다. 영구 자석(103c, 103b)은, 각각 원점 0로부터 X 방향의 한쪽 및 다른 쪽의 측에 거리 ry3만큼 이격된 위치에 장착되어 있다.
- [0026] 영구 자석(103aR, 103dR, 103aL, 103dL)은, 각각 Y 방향을 따라 배치된 2개의 영구 자석의 세트이다. 영구 자석(103a, 103d)은, 각각 고정자(201)측을 향하는 외측의 자극의 극성이 교대로 다르도록 2개의 영구 자석이 Y 방향을 따라 배열되어 구성된 것이다. 또한, 영구 자석(103a, 103d)을 구성하는 Y 방향을 따라 배치된 영구 자석의 수는, 2개로 한정되는 것은 아니며, 복수개면 된다. 또한, 영구 자석(103a, 103d)을 구성하는 영구 자석

이 배치되는 방향은, 반드시 반송 방향인 X 방향과 직교하는 Y 방향일 필요는 없고, X 방향과 교차하는 방향이면 된다. 즉, 영구 자석(103a, 103d)은, 각각 자극의 극성이 교대로 되도록 X 방향과 교차하는 방향을 따라 배치된 복수의 영구 자석으로 이루어지는 자석군이면 된다.

[0027] 한편, 영구 자석(103bR, 103cR, 103bL, 103cL)은, 각각 Y 방향을 따라 배치된 3개의 영구 자석의 세트이다. 영구 자석(103b, 103c)은, 각각 고정자(201)측을 향하는 외측의 자극의 극성이 교대로 다르도록 3개의 영구 자석이 X 방향을 따라 배열되어 구성되어 있다. 또한, 영구 자석(103b, 103c)을 구성하는 X 방향을 따라 배치된 영구 자석의 수는, 3개로 한정되는 것은 아니며, 복수개면 된다. 즉, 영구 자석(103b, 103c)은, 자극의 극성이 교대로 되도록 X 방향을 따라 배치된 복수의 영구 자석으로 이루어지는 자석군이면 된다.

[0028] 각 영구 자석(103)은, 가동자(101)의 상면의 R측 및 L측에 마련된 요크(107)에 장착되어 있다. 요크(107)는, 투자율(透磁率)이 큰 물질, 예를 들어 철로 구성되어 있다.

[0029] 이와 같이 하여, 가동자(101)에는, 가동자(101)의 X축에 따른 중심축을 대칭 축으로 하여, 복수의 영구 자석(103) 상면의 R측 및 L측에 대칭으로 배치되어 있다. 영구 자석(103)이 배치된 가동자(101)는, 고정자(201)의 복수의 코일(202)에 의해 후술하는 바와 같이 영구 자석(103)이 받는 전자력에 의해 자세가 6축 제어되면서 이동 가능하게 구성되어 있다.

[0030] 가동자(101)는, X 방향을 따라 2열로 배치된 복수의 코일(202)을 따라 X 방향으로 이동 가능하다. 가동자(101)는, 그 상면 혹은 하면에 반송해야 할 워크(102)를 적재 혹은 장착한 상태에서 반송된다. 가동자(101)는, 예를 들어 워크홀더 등의 워크(102)를 가동자(101) 상에 보유 지지하는 보유 지지 기구를 갖고 있어도 된다.

[0031] 다음에, 본 실시 형태에 따른 반송 시스템(1)에 있어서의 고정자(201)에 대해 도 1a, 도 2 및 도 3을 사용하여 설명한다.

[0032] 도 3은, 고정자(201)의 코일(202)을 도시하는 개략도이다. 또한, 도 3은, 코일(202)을 Y 방향으로부터 본 도면이다.

[0033] 고정자(201)는, 가동자(101)의 반송 방향인 X 방향을 따라 2열로 배치된 복수의 코일(202)을 갖고 있다. 고정자(201)에는, 복수의 코일(202)이 각각 상면의 R측 및 L측으로부터 가동자(101)에 대향하도록 장착되어 있다. 고정자(201a, 201b)는, 반송 방향인 X 방향으로 연장되어 가동자(101)의 반송로를 형성한다.

[0034] 고정자(201)를 따라 반송되는 가동자(101)는, 리니어 스케일(104)과, Y타깃(105)과, Z타깃(106)을 갖고 있다. 리니어 스케일(104), Y타깃(105) 및 Z타깃(106)은, 각각 예를 들어 가동자(101)의 저부에 X 방향을 따라 장착되어 있다. Z타깃(106)은, 리니어 스케일(104) 및 Y타깃(105)의 양측에 각각 장착되어 있다.

[0035] 도 2에 도시하는 바와 같이, 고정자(201)는, 복수의 코일(202)과, 복수의 리니어 인코더(204)와, 복수의 Y센서(205)와, 복수의 Z센서(206)를 갖고 있다.

[0036] 복수의 코일(202)은, 가동자(101) 상면의 R측 및 L측의 영구 자석(103)과 대향 가능하도록, X 방향을 따라 2열로 배치되어 고정자(201)에 장착되어 있다. R측에 있어서 1열로 배치된 복수의 코일(202)은, 가동자(101)의 R측의 영구 자석(103aR, 103bR, 103cR, 103dR)과 대향 가능하게 X 방향을 따라 배치되어 있다. 또한, L측에 있어서 1열로 배치된 복수의 코일(202)의 가동자와 대향하는 면은, 가동자(101)의 L측의 영구 자석(103aL, 103bL, 103cL, 103dL)과 대향 가능하게 X 방향을 따라 배치되어 있다.

[0037] 본 실시 형태에서는, 가동자(101)의 R측 및 L측의 코일(202)의 열이, 각각 서로 구성하는 복수의 영구 자석의 배치 방향이 다른 영구 자석(103a, 103d) 및 영구 자석(103b, 103c)에 대향 가능하게 배치되어 있다. 이 때문에, 적은 열수의 코일(202)로, 후술하는 바와 같이 가동자(101)에 대해 반송 방향 및 반송 방향과는 다른 힘을 인가할 수 있고, 따라서 가동자(101)의 반송 제어 및 자세 제어를 실현할 수 있다.

[0038] 이와 같이 하여, 복수의 코일(202)은, 가동자(101)가 반송되는 방향을 따라 장착되어 있다. 복수의 코일(202)은, X 방향으로 소정의 간격으로 배열되어 있다. 또한, 각 코일(202)은, 그 중심축이 Y 방향을 향하도록 장착되어 있다. 또한, 코일(202)은, 코어에 코일이 감겨 있고, 본 실시 형태에 있어서, 코일의 위치란, 코어의 위치를 나타낸다.

[0039] 복수의 코일(202)은, 예를 들어 3개씩의 단위로 전류 제어되도록 되어 있다. 그 코일(202)의 통전 제어되는 단위를 「코일 유닛(203)」이라고 기재한다. 코일(202)은 통전됨으로써, 가동자(101)의 영구 자석(103) 사이에서 전자력을 발생하여 가동자(101)에 대해 힘을 인가할 수 있다.

- [0040] 코일 유닛(203)은, 단수의 코일 유닛 혹은 복수의 코일 유닛별로, 도 1a에 도시하는 바와 같이, 코일 박스(2031) 내에 수용되고, 코일 박스(2031)별로 X 방향을 따라 배치해도 된다. 그 경우는, 코일 박스(2031)와 인접하는 코일 박스(예를 들어 도 1a에 도시하는 코일 박스(2031a)와 인접하는 코일 박스(2031b))의 사이는, 간극 S1을 두고 배치되어 있어도 된다. 본 실시 형태에서는, 코일 박스 내에 수용되는 단수의 코일 유닛 혹은 복수의 코일 유닛을 코일군이라고 칭하는 경우가 있다.
- [0041] 도 1a는, 고정자(201a)와 고정자(201b) 사이에 예를 들어 뱘브 게이트 등의 구조물(100)이 존재하고 있는 장소를 나타내고 있다. 즉, 생산 라인 내 또는 생산 라인 사이의 복수의 스테이션 사이에, 연속해서 전자석이나 코일을 배치할 수 없는 장소를 도시하고 있다. 즉, 진공 챔버의 경계에서 게이트를 개폐하는 기구 등이 배치되어 있으면, 가동자를 가이드 또한 구동하는 고정자, 혹은 그 구동계를 간극 없이 연속적으로 배치할 수 없다. 그 때문에, 가동자가 그 경계를 통과할 때 고정자측의 구동계로부터 얻어지는 부상, 위치 제어, 추진력에 대응하는 구동력에 불연속점이 생겨, 가동자가 목표 궤도를 벗어나거나, 위치 어긋남이 생기거나, 위치 정밀도가 저하되는 문제가 생길 위험이 있다.
- [0042] 도 1a에는, 구조물을 사이에 두고 2개의 고정자 사이에 간극 S1보다 큰 스페이스 S2가 있는 예를 기재하지만, 고정자가 하나이며 코일과 코일 사이에 간극 S1 이상의 스페이스 S2가 있는 경우에도 본 발명의 효과는 발휘된다. 연속해서 코일을 배치할 수 없는 장소에 인접하는 코일의 위치는, 그 밖의 코일의 가동자와 대향하는 면(202a)의, 가동자가 통과할 때의 가동자와의 사이의 거리에 비하여, 좁아지는 위치(가동자에 근접하는 위치)에 배치한다. 스페이스 S2가 비어 버리는 것에 의한 가동자의 기울어짐이나 낙하를 억제할 수 있다. 본 실시 형태에서는 2개의 고정자(201a, 201b)가 X 방향으로 스페이스 S2를 두고 배치되는 경우를 나타냈지만, 고정자(201b)의 고정자(201a)와는 반대측에 간극 S1보다 큰 스페이스 S3(도시되지 않음)을 두고 고정자(201c)(도시되지 않음)를 더 배치해도 된다. 예를 들어, 생산 라인의 생산 장치별로 다른 고정자를 배치해도 된다.
- [0043] 도 1에 있어서, 영구 자석(103a, 103d)은, 각각 Y 방향으로 2개의 영구 자석이 배열된 자석군에 의해 구성되어 있다. 이에 비하여, 각 코일(202)은, 영구 자석(103a, 103d)의 2개의 영구 자석의 Y 방향의 중심이 코일(202)의 Y 방향의 중심과 합치하도록 배치되어 있다. 영구 자석(103a, 103d)에 대향하는 코일(202)에 통전함으로써, 영구 자석(103a, 103d)에 대해 Y 방향으로 힘을 발생한다.
- [0044] 또한, 영구 자석(103b, 103c)은, X 방향으로 3개의 영구 자석이 배열된 자석군에 의해 구성되어 있다. 영구 자석(103b, 103c)에 대향하는 코일(202)에 통전함으로써, 영구 자석(103b, 103c)에 대해 X 방향 및 Z 방향에 힘을 발생한다.
- [0045] 도 10은, 본 실시 형태를 설명하기 위한 개념도이다. 도 10의 A는, 연속해서 코일을 배치할 수 있는 장소에서의 고정자(201)와 가동자(101)의 관계를 도시한 도면이다. 코일 박스(2032a 내지 2032g)는, 코일 박스와 인접하는 코일 박스 사이에 소정의 간격(간극 S1)을 두고 배치된다. 이 고정자(201)와 가동자(101)의 관계를 도시한 도면이다. 도 10에서는, 코일 박스를 간격을 두고 배치하는 예를 나타냈지만, 코일 박스가 아니라 코일이어도 된다. 소정의 간격(간극 S1)을 두지 않고 코일 박스끼리를 접촉시켜서 배치시켜도 된다. 또한, 코일 박스를 등간격으로 배치할 수 있으면, 가동자(101)에 걸리는 중력과, 코일과 영구 자석(103)에 의한 흡인력이 평형을 이룬 상태가 된다.
- [0046] 도 10의 B는, 도 10의 A에 있어서의 코일 박스(2032f)를 배치시키지 못하고, 소정의 간격보다 넓은 간격(스페이스 S2)이 비어 버렸을 경우에 있어서의 고정자(201)와 가동자(101)의 관계를 도시한 도면이다. 즉, 양옆 코일 박스와의 사이의 간격이 소정의 간격 S1로 배치된 코일 박스와, 양옆의 코일 박스와의 사이의 간격의 한쪽이, 상기 소정의 간격 S1보다 넓은 간격 S2로 배치된 코일 박스의 관계를 도시한 도면이다. 코일 박스(2032f)에 흡인력을 발생시킬 수가 없기 때문에, 가동자(101)에 걸리는 중력 G 쪽이 코일과 영구 자석(103)에 의한 흡인력을 상회해 버린다. 이것을 해소시키기 위해, 컨트롤러에 의해, 코일에는, 보다 큰 전류가 흐르도록 제어된다. 이에 의해, 가동자에는, T1+T2+T3의 흡인력이 가해진다. 그러나, 전류 증가에 의한 흡인력 상승에는 한계가 있고, 부족한 중력 G에 대응하는 흡인력을 발생시키기는 어렵다. $4 \times G > 3 \times G + (T1 + T2 + T3)$
- [0047] 그래서, 도 10의 C에 도시하는 바와 같이, 코일 박스(2032f)를 배치시키지 못하고 비어버린 스페이스에 인접하는 부분의 코일 박스(2032e와 2032g)를 가동자(101)측으로 끌어 내려서 배치한다(H). (양옆의 코일 박스와의 사이의 간격의 한쪽이, 상기 소정의 간격 S1보다 넓은 간격 S2로 배치된 코일 박스(2032e 또는 2032g)를 가동자(101)측으로 끌어 내려서 배치한다(H)..) 즉, 상기 소정의 간격으로 배치된 코일(103)의 가동자(101)와 대향하는 면의, 가동자(101)가 통과할 때의, 상기 가동자(101)와의 사이의 거리에 비하여, 상기 가동자(101)와의 사이의 거리가 좁아지는 위치에 배치한다. 상기 가동자(101)가, 상기 넓은 간격으로 배치된 코일 박스와 대향하는

영역을 통과할 때의, 상기 넓은 간격으로 배치된 코일 박스와 상기 가동자(101) 사이의 거리를 A라 한다. 상기 가동자(101)가, 양옆의 코일 박스와의 사이의 간격이 상기 소정의 간격으로 배치된 코일 박스와 대향하는 영역을 통과할 때의, 상기 소정의 간격으로 배치된 코일 박스와 상기 가동자(101) 사이의 거리를 B라 한다. B에 비하여, A가 좁아지도록 배치한다. 이에 의해, 흡인력을 훨씬 향상시킬 수 있다. 도 10의 C의, 2032e의 흡인력은, G와, 전류 증가에 의한 흡인력 증가분 T3과, 코일 박스(2032)를 끌어 내린 만큼의 흡인력 증가분 K1의 합계가 된다. 이에 의해, 중력과 흡인력이 평형을 이루도록 제어하는 것이 가능해진다. $4 \times G = 3 \times G + (T1 + T2 + T3) + K1$

- [0048] 이에 의해, 가동자(101)를 기울이는 일 없이, 원활하게 반송시킬 수 있다.
- [0049] 보다 구체적으로, 도 11을 사용하여 코일(혹은 코일 박스) 사이에 스페이스가 있는 경우와 그 스페이스의 양단 코일을 캐리어에 근접시킨 경우에 가동자(101)에 작용하는 힘의 크기를 설명한다.
- [0050] 도 11의 (A)는 코일의 스페이스(3401)가 있는 경우를 도시하고 있다. TZ 프로파일(3402)은 가동자(101)의 자세를 유지하기 위해서 필요한 Z 방향으로의 토크의 크기를 모식적으로 도시하고 있다. 가동자(101)는 X+ 방향으로 반송되고 있다.
- [0051] 이 때, 가동자(101)의 선단이 스페이스(3401)의 X-단(A)에 들어가면 스페이스(3401)만큼 가동자(101)에는 흡인력이 작용하지 않으므로 그것을 보상하기 위해서 코일(202)에는 연직 상향의 힘(Tz)이 작용한다. 그 최댓값을 Tz1이라 한다.
- [0052] 다음에, 가동자(101)의 후단부가 스페이스(3401)의 X-단(A)에 당도하면 흡인력이 인가되므로 Tz 프로파일(3402)은 0에 접근한다.
- [0053] 또한, Twy 프로파일(3403)은 가동자(101)에 작용하는 Wy 방향의 토크의 크기를 모식적으로 도시한 도면이다. TWy 프로파일(3403)은 가동자(101)의 선단(X+측)이 스페이스(3401)에 당도하면, 스페이스(3401)에 걸리는 부분의 흡인력이 작용하지 않기 때문에 그것을 보상하기 위해서 WY+ 방향의 토크를 인가할 필요가 있다. 그 최댓값을 Twy1이라 한다.
- [0054] Twy는 스페이스(3401)의 가동자(101) 상에서의 위치가 중앙에 가까워지면 0에 가까워진다. 반대로 가동자(101)의 후단부가 A의 위치에 당도하면 이번에는 TWy+의 방향으로 힘이 작용하므로 그것을 보상하기 위해서 캐리어에는 WY-방향의 힘을 인가할 필요가 있다.
- [0055] 도 11의 (B)는 스페이스(3401)의 양측 코일(202)과 가동자(101)의 거리를 일정량 접근시킨 경우를 모식적으로 도시한 도면이다.
- [0056] 이 경우, TZ 프로파일(3404)은 가동자(101)의 선단(X+측)이 코일(3501)에 당도하면, 가동자(101)와 코일(3501)이 다른 코일과 비교하여 가까운 만큼 코일(3501)측으로 강한 흡인력을 받는다. 따라서 그것을 보상하기 위해서 Z-측의 토크를 인가할 필요가 있다.
- [0057] 이후는 도 11의 (A)에서 설명한 것과 마찬가지이다. 이 TZ 프로파일(3404)의 Z 방향의 토크의 최댓값 TZ2는 코일(3501 및 3502)의 X 방향의 폭과 가동자(101)와 근접시키는 양을 적당히 설정하면, Tz1의 절댓값보다 TZ2의 절댓값을 작게 할 수 있다.
- [0058] 이와 같이 하면, 가동자(101)의 자세를 유지하기 위한 Z 방향의 토크의 최댓값을 작게 할 수 있으므로 보다 안정적으로 가동자(101)의 자세를 원하는 값으로 유지할 수 있다. 또한 Z 방향의 토크의 최댓값을 작게 할 수 있으므로 코일의 크기를 작게 할 수 있고, 인가하는 전류의 크기나 그것에 수반하는 발열량을 작게 한다고 하는 효과가 얻어진다.
- [0059] Wy 방향의 토크에 대해서도 Z 방향의 토크와 마찬가지로, 코일(3501 및 3502)을 가동자(101)에 근접시킴으로써 가동자(101)에 인가하는 Wy 방향의 최댓값을 억제하는 것이 가능해진다.
- [0060] 상기 가동자와의 사이의 거리가 좁아지는 위치에 배치하는 방법은 어떤 방법을 사용해도 되지만, 고정자와 코일 박스 사이에 스페이서를 사이에 두고 높이를 조절하여 배치하는 것이 보다 바람직하다. 높이 H는, 소정의 간격 S1과 스페이스 S2의 차의 3% 이상 15% 이하인 것이 바람직하다. 3%보다 작으면 끌어내리는 효과가 적고, 15%보다 크면 다른 코일 박스와 가동자의 간격이 너무 넓어져 버려 효율이 나쁘다.
- [0061] 코일 박스를 끌어내리는 대신, 코일 박스로부터 스페이스 S2를 향하여 강자성체 혹은 비투자율이 큰 재료(비투자율이 10 이상인 부재)로 이루어지는 부재(1001, 1002)를 배치해도 된다. 이에 의해 흡인력을 증가시키는 것이 가능해진다. 즉, 상기 넓은 간격으로 배치된 2개의 코일 사이에는, 상기 코일로부터 넓은 간격 S2에 의한

스페이스를 향하여 자성체의 판을 배치하는 것이 바람직하다.

[0062] 코일 박스를 끌어내리고, 또한 강자성체 혹은 비투자율이 큰 재료(비투자율이 10 이상인 부재)로 이루어지는 부재(1001, 1002)를 배치하면 흡인력을 더 증가시킬 수 있기 때문에 보다 바람직하다.

[0063] 본 실시 형태에서는, 코일 박스를 끌어내리는 예를 나타냈지만, 코일군을 코일 박스에 수용하지 않아도 된다. 즉, 코일 박스에 수용하지 않은 코일군을 가동자축으로 끌어 내려서 배치하는 것도, 코일군이 아니라 코일을 끌어내려도 된다.

[0064] 본 실시 형태에서는 코일 박스와 코일 박스 사이에 스페이스 S2가 있는 경우를 설명했지만 코일과 코일 사이에 스페이스 S2가 있는 경우도 동일하다. 또한, 코일군과 코일군 사이에 스페이스 S2가 있는 경우도 동일하다.

[0065] 또한, 본 실시 형태에서는, 스페이스 S2에 인접하는, 스페이스 S2를 사이에 두고 양측 부분의 코일 박스(2032e 와 2032g) 혹은 코일을 가동자축으로 끌어 내려서 배치하는 예를 나타냈다. 그러나, 이것에 한정되는 것은 아니다. 스페이스 S2에, 가동자의 진행 방향의 단부의 자석이 대면했을 때, 가동자의 중심으로부터, 가동자의 진행 방향의 단부의 자석까지의 사이에 배치된 자석에 대면하는 코일 박스의 어느 것을 끌어내리는 것이어도 본 발명의효과를 얻을 수 있다. 또는, 스페이스 S2에, 가동자의 진행 방향의 단부의 자석이 대면했을 때, 가동자의 중심으로부터, 가동자의 진행 방향의 단부의 자석까지 사이에 배치된 자석에 대면하는 코일의 어느 것을 끌어내리는 것에 의해서도 본 발명의효과를 얻을 수 있다.

[0066] 복수의 리니어 인코더(204)는, 각각 가동자(101)의 리니어 스케일(104)과 대향 가능하도록 X 방향을 따라 고정자(201)에 장착되어 있다. 각 리니어 인코더(204)는, 가동자(101)에 장착된 리니어 스케일(104)을 판독함으로써, 가동자(101)의 리니어 인코더(204)에 대한 상대적인 위치를 검출하여 출력할 수 있다.

[0067] 복수의 Y센서(205)는, 각각 가동자(101)의 Y타깃(105)과 대향 가능하도록 X 방향을 따라 고정자(201)에 장착되어 있다. 각 Y센서(205)는, 가동자(101)에 장착된 Y타깃(105)과의 사이의 Y 방향의 상대 거리를 검출하여 출력할 수 있다.

[0068] 복수의 Z센서(206)는, 각각 가동자(101)의 Z타깃(106)과 대향 가능하도록 X 방향을 따라 고정자(201)에 2열로 장착되어 있다. 각 Z센서(206)는, 가동자(101)에 장착된 Z타깃(106) 사이의 Z 방향의 상대 거리를 검출하여 출력할 수 있다.

[0069] 다음에, 본 실시 형태에 따른 반송 시스템(1)을 제어하는 제어 시스템에 대해 추가로 도 4를 사용하여 설명한다. 도 4는, 본 실시 형태에 따른 반송 시스템(1)을 제어하는 제어 시스템(3)을 도시하는 개략도이다.

[0070] 도 4에 도시하는 바와 같이, 제어 시스템(3)은, 통합 컨트롤러(301)와 코일 컨트롤러(302)와, 센서 컨트롤러(304)를 갖고, 가동자(101)와 고정자(201)를 포함하는 반송 시스템(1)을 제어하는 제어 장치로서 기능한다. 통합 컨트롤러(301)에는, 코일 컨트롤러(302)가 통신 가능하게 접속되어 있다. 또한, 통합 컨트롤러(301)에는, 센서 컨트롤러(304)가 통신 가능하게 접속되어 있다.

[0071] 코일 컨트롤러(302)에는, 복수의 전류 컨트롤러(303)가 통신 가능하게 접속되어 있다. 코일 컨트롤러(302) 및 이에 접속된 복수의 전류 컨트롤러(303)는, 2열의 코일(202)의 각각의 열에 대응하여 마련되어 있다. 각 전류 컨트롤러(303)에는, 코일 유닛(203)이 접속되어 있다. 전류 컨트롤러(303)는, 접속된 코일 유닛(203) 각각의 코일(202)의 전류의 크기를 제어할 수 있다.

[0072] 코일 컨트롤러(302)는, 접속된 각각의 전류 컨트롤러(303)에 대해 목표가 되는 전류값을 명령한다. 전류 컨트롤러(303)는 접속된 코일(202)의 전류량을 제어한다.

[0073] 코일(202) 및 전류 컨트롤러(303)는, 가동자(101)가 반송되는 X 방향의 가동자(101)의 상면의 양측에 장착되어 있다.

[0074] 센서 컨트롤러(304)에는, 복수의 리니어 인코더(204), 복수의 Y센서(205) 및 복수의 Z센서(206)가 통신 가능하게 접속되어 있다.

[0075] 복수의 리니어 인코더(204)는, 가동자(101)가 반송 중에도 그 중 하나가 반드시 1대의 가동자(101)의 위치를 측정할 수 있는 간격으로 고정자(201)에 장착되어 있다. 또한, 복수의 Y센서(205)는, 그 중 둘이 반드시 1대의 가동자(101)의 Y타깃(105)을 측정할 수 있는 간격으로 고정자(201)에 장착되어 있다. 또한, 복수의 Z센서(206)는, 그 2열 중 셋이 반드시 1대의 가동자(101)의 Z타깃(106)을 측정할 수 있는 간격으로 고정자(201)에 장착되어 있다.

- [0076] 통합 컨트롤러(301)는, 리니어 인코더(204), Y센서(205) 및 Z센서(206)로부터의 출력에 기초하여, 복수의 코일(202)에 인가하는 전류 명령값을 결정하여, 코일 컨트롤러(302)에 송신한다. 코일 컨트롤러(302)는, 통합 컨트롤러(301)로부터의 전류 명령값에 기초하여, 상술한 바와 같이 전류 컨트롤러(303)에 대해 전류값을 명령한다. 이에 의해, 통합 컨트롤러(301)는, 제어 장치로서 기능하고, 고정자(201)를 따라 가동자(101)를 비접촉으로 반송함과 함께, 반송하는 가동자(101)의 자세를 6축으로 제어한다.
- [0077] 이하, 통합 컨트롤러(301)에 의해 실행되는 가동자(101)의 자세 제어 방법에 대해 도 5를 사용하여 설명한다. 도 5는, 본 실시 형태에 따른 반송 시스템(1)에 있어서의 가동자(101)의 자세 제어 방법을 도시하는 개략도이다. 도 5는, 가동자(101)의 자세 제어 방법의 개략에 대해 주로 그 데이터의 흐름에 착안하여 나타내고 있다. 통합 컨트롤러(301)는, 이하에 설명하는 바와 같이, 가동자 위치 산출 함수(401), 가동자 자세 산출 함수(402), 가동자 자세 제어 함수(403) 및 코일 전류 산출 함수(404)를 사용한 처리를 실행한다. 이에 의해, 통합 컨트롤러(301)는, 가동자(101)의 자세를 6축으로 제어하면서, 가동자(101)의 반송을 제어한다. 또한, 통합 컨트롤러(301) 대신에, 코일 컨트롤러(302)가 통합 컨트롤러(301)와 마찬가지의 처리를 실행하도록 구성할 수도 있다.
- [0078] 먼저, 가동자 위치 산출 함수(401)는, 복수의 리니어 인코더(204)로부터의 측정값 및 그의 장착 위치의 정보로부터, 반송로를 구성하는 고정자(201) 상에 있는 가동자(101)의 대수 및 위치를 계산한다. 이에 의해, 가동자 위치 산출 함수(401)는, 가동자(101)에 관한 정보인 가동자 정보(406)의 가동자 위치 정보(X) 및 대수 정보를 생성한다. 가동자 위치 정보(X)는, 고정자(201) 상의 가동자(101)의 반송 방향인 X 방향에 있어서의 위치를 나타내고 있다. 가동자 정보(406)는, 예를 들어 도 5 중에 POS-1, POS-2, …로 나타내는 바와 같이 고정자(201) 상의 가동자(101)별로 준비된다.
- [0079] 이어서, 가동자 자세 산출 함수(402)는, 가동자 위치 산출 함수(401)에 의해 생성된 가동자 정보(406)의 가동자 위치 정보(X)로부터, 각각의 가동자(101)를 측정 가능한 Y센서(205) 및 Z센서(206)를 특정한다. 다음으로, 가동자 자세 산출 함수(402)는, 특정된 Y센서(205) 및 Z센서(206)로부터 출력되는 값에 기초하여, 각각의 가동자(101)의 자세에 관한 정보인 자세 정보(Y, Z, Wx, Wy, Wz)를 산출하여 가동자 정보(406)를 생성한다. 가동자 자세 산출 함수(402)에 의해 생성된 가동자 정보(406)는, 가동자 위치 정보(X) 및 자세 정보(Y, Z, Wx, Wy, Wz)를 포함하고 있다.
- [0080] 이어서, 가동자 자세 제어 함수(403)는, 가동자 위치 정보(X) 및 자세 정보(Y, Z, Wx, Wy, Wz)를 포함하는 현재의 가동자 정보(406) 및 자세 목표값으로부터, 각각의 가동자(101)에 대해 인가력 정보(408)를 산출한다. 인가력 정보(408)는, 각각의 가동자(101)에 인가해야 할 힘의 크기에 관한 정보이다. 인가력 정보(408)는, 후술하는 인가해야 할 힘 T의 힘의 3축 성분(Tx, Ty, Tz) 및 토크의 3축 성분(Twx, Twy, Twz)에 관한 정보를 포함하고 있다. 인가력 정보(408)는, 예를 들어 도 5 중에 TRQ-1, TRQ-2, …로 나타내듯이 고정자(201) 상의 가동자(101)별로 준비된다.
- [0081] 다음에, 코일 전류 산출 함수(404)는, 인가력 정보(408) 및 가동자 정보(406)에 기초하여, 각 코일(202)에 인가하는 전류 명령값(409)을 결정한다.
- [0082] 이와 같이 하여, 통합 컨트롤러(301)는, 가동자 위치 산출 함수(401), 가동자 자세 산출 함수(402), 가동자 자세 제어 함수(403) 및 코일 전류 산출 함수(404)를 사용한 처리를 실행함으로써, 전류 명령값(409)을 결정한다. 통합 컨트롤러(301)는, 결정한 전류 명령값(409)을 코일 컨트롤러(302)에 송신한다.
- [0083] 여기서, 가동자 위치 산출 함수(401)에 의한 처리에 대해 도 6을 사용하여 설명한다. 도 6은, 가동자 위치 산출 함수에 의한 처리를 설명하는 개략도이다.
- [0084] 도 6에 있어서, 기준점 0e는, 리니어 인코더(204)가 장착되어 있는 고정자(201)의 위치 기준이다. 또한, 기준점 0s는, 가동자(101)에 장착되어 있는 리니어 스케일(104)의 위치 기준이다. 도 6에서는, 가동자(101)로서 2대의 가동자(101a, 101b)가 반송되고, 리니어 인코더(204)로서 2개의 리니어 인코더(204a, 204b, 204c)가 배치되어 있는 경우를 나타내고 있다. 또한, 리니어 스케일(104)은, 각 가동자(101a, 101b)의 동일 위치에 X 방향을 따라 장착되어 있다.
- [0085] 예를 들어, 도 6에 도시하는 가동자(101b)의 리니어 스케일(104)에는, 1개의 리니어 인코더(204c)가 대향하고 있다. 리니어 인코더(204c)는, 가동자(101b)의 리니어 스케일(104)을 판독하여 거리 P_c를 출력한다. 또한, 리니어 인코더(204c)의 기준점 0e를 원점으로 하는 X축 상의 위치는 S_c이다. 따라서, 가동자(101b)의 위치 Pos(101b)는 다음 식 (1)에 의해 산출할 수 있다.

[0086] $\text{Pos}(101b)=\text{Sc-Pc} \dots \text{식 (1)}$

[0087] 예를 들어, 도 6에 도시하는 가동자(101a)의 리니어 스케일(104)에는, 2개의 리니어 인코더(204a, 204b)가 대향하고 있다. 리니어 인코더(204a)는, 가동자(101a)의 리니어 스케일(104)을 판독하여 거리 Pa 를 출력한다. 또한, 리니어 인코더(204a)의 기준점 $0e$ 를 원점으로 하는 X축 상의 위치는 Sa 이다. 따라서, 리니어 인코더(204a)의 출력에 기초하는 가동자(101a)의 X축 상의 위치 $\text{Pos}(101a)$ 는, 다음 식 (2)로 산출할 수 있다.

[0088] $\text{Pos}(101a)=\text{Sa-Pa} \dots \text{식 (2)}$

[0089] 또한, 리니어 인코더(204b)는, 가동자(101b))의 리니어 스케일(104)을 판독하여 거리 Pb 를 출력한다. 또한, 리니어 인코더(204b)의 기준점 $0e$ 를 원점으로 하는 X축 상의 위치는 Sb 이다. 따라서, 리니어 인코더(204b)의 출력에 기초하는 가동자(101a)의 X축 상의 위치 $\text{Pos}(101a)'$ 는, 다음 식 (3)에 의해 산출할 수 있다.

[0090] $\text{Pos}(101a)'=\text{Sb-Pb} \dots \text{식 (3)}$

[0091] 여기서, 각각의 리니어 인코더(204a, 204b)의 위치는 미리 정확하게 측정되어 있기 때문에, 2개의 값 $\text{Pos}(101a)$, $\text{Pos}(101a)'$ 의 차는 충분히 작다. 이와 같이 2개의 리니어 인코더(204)의 출력에 기초하는 가동자(101)의 X축 상의 위치의 차가 충분히 작은 경우는, 그들을 2개의 리니어 인코더(204)는, 동일한 가동자(101)의 리니어 스케일(104)을 판측하고 있는 것으로 판정할 수 있다.

[0092] 또한, 복수의 리니어 인코더(204)가 동일한 가동자(101)와 대향하는 경우는, 복수의 리니어 인코더(204)의 출력에 기초하는 위치의 평균값을 산출하거나 하여, 판측된 가동자(101)의 위치를 일의적으로 결정할 수 있다.

[0093] 가동자 위치 산출 함수(401)는, 상술한 바와 같이 하여 리니어 인코더(204)의 출력에 기초하여, 가동자 위치 정보로서 가동자(101)의 X 방향에 있어서의 위치X를 산출하여 결정한다.

[0094] 다음에, 가동자 자세 산출 함수(402)에 의한 처리에 대해 도 7, 도 8a 및 도 8b를 사용하여 설명한다.

[0095] $Wz=(Ya-Yb)/Ly \dots \text{식 (4)}$

[0096] 또한, 가동자(101)의 위치에 따라서는 셋 이상의 Y센서(205)가 대향하는 경우도 있을 수 있다. 그 경우, 최소 제곱법 등을 사용하여 Y타깃(105)의 기울기, 즉 Z축 둘레의 회전량 Wz 를 산출할 수 있다.

[0097] 또한, 도 8a 및 도 8b에서는, 가동자(101)로서 가동자(101d)가 반송되고, Z센서(206)로서 Z센서(206a, 206b, 206c)가 배치되어 있는 경우를 도시하고 있다. 도 8a 및 도 8b에 도시하는 가동자(101d)의 Z타깃(106)에는, 3개의 Z센서(206a, 206b, 206c)가 대향하고 있다. 여기서, 3개의 Z센서(206a, 206b, 206c)가 출력하는 상대 거리의 값을 각각 Za , Zb , Zc 라 한다. 또한, X 방향의 센서간 거리, 즉 Z센서(206a, 206b)간의 거리를 $Lz1$ 이라 한다. 또한, Y 방향의 센서간 거리, 즉 Z센서(206a, 206c)간의 거리를 $Lz2$ 라 한다. 그러면, Y축 둘레의 회전량 Wy 및 X축 둘레의 회전량 Wx 는, 각각 다음 식 (5a) 및 (5b)에 의해 산출할 수 있다.

[0098] $Wy=(Zb-Za)/Lz1 \dots \text{식 (5a)}$

[0099] $Wx=(Zc-Za)/Lz2 \dots \text{식 (5b)}$

[0100] 가동자 자세 산출 함수(402)는, 상술한 바와 같이 하여, 가동자(101)의 자세 정보로서 각 축 둘레의 회전량 Wx , Wy , Wz 를 산출할 수 있다.

[0101] 또한, 가동자 자세 산출 함수(402)는, 다음과 같이 하여 가동자(101)의 자세 정보로서 가동자(101)의 Y 방향의 위치 Y 및 Z 방향의 위치 Z 를 산출할 수 있다.

[0102] 먼저, 가동자(101)의 Y 방향의 위치 Y 의 산출에 대해 도 7을 사용하여 설명한다. 도 7에 있어서, 가동자(101c)가 관계되는 2개의 Y센서(205)를 각각 Y센서(205a, 205b)라 한다. 또한, Y센서(205a, 205b)의 측정값을 각각 Ya , Yb 라 한다. 또한, Y센서(205a)의 위치와 Y센서(205b)의 위치의 중점을 $0e'$ 라 한다. 또한, 식 (1) 내지 (3)에서 얻어진 가동자(101c)의 위치를 $0s'$ 라 하고, $0e'$ 로부터 $0s'$ 까지의 거리를 dX' 라 한다. 이 때, 가동자(101c)의 Y 방향의 위치 Y 는, 다음 식에 의해 근사적으로 계산하여 산출할 수 있다.

[0103] $Y=(Ya+Yb)/2-Wz*dX'$

[0104] 다음에, 가동자(101)의 Z 방향의 위치 Z 의 산출에 대해 도 8a 및 도 8b를 사용하여 설명한다. 가동자(101d)가 관계되는 3개의 Z센서(206)를 각각 Z센서(206a, 206b, 206c)라 한다. 또한, Z센서(206a, 206b, 206c)의 측정값을 각각 Za , Zb , Zc 라 한다. 또한, Z센서(206a)의 X 좌표와 Z센서(206c)의 X 좌표는 동일하다. 또한, 리니

어 인코더(204)는, Z센서(206a)와 Z센서(206c)의 중간의 위치에 있는 것으로 한다. 또한, Z센서(206a) 및 Z센서(206c)의 위치 X를 $Oe"$ 라 한다. 또한, $Oe"$ 로부터 가동자(101)의 중심 $Os"$ 까지의 거리를 $dX"$ 라 한다. 이 때, 가동자(101)의 Z 방향의 위치 Z는, 다음 식에 의해 근사적으로 계산하여 산출할 수 있다.

$$Z = (Z_a + Z_b) / 2 + W_y * dX"$$

또한, 위치 Y 및 위치 Z 모두 각각 W_z , W_y 의 회전량이 큰 경우에는, 더욱 근사의 정밀도를 높여서 산출할 수 있다.

다음에, 코일 전류 산출 함수(404)에 의한 처리에 대해 도 1을 사용하여 설명한다. 또한, 이하에서 사용하는 힘의 표기에 있어서, X 방향, Y 방향 및 Z 방향의 힘이 작용하는 방향을 각각 x, y, z로 나타내고, 도 1에 있어서의 Y+측인 R측을 R, Y-측인 L측을 L, X+측을 f, X-방향을 b로 나타낸다.

도 1에 있어서 R측 및 L측의 각 영구 자석(103)에 작용하는 힘을 각각 다음과 같이 표기한다. 각 영구 자석(103)에 작용하는 힘은, 전류가 인가된 복수의 코일(202)에 의해 영구 자석(103)이 받는 전자력이다. 영구 자석(103)은, 전류가 인가된 복수의 코일(202)에 의해, 가동자(101)의 반송 방향인 X 방향의 전자력 외에, X 방향과는 상이한 방향인 Y 방향 및 Z 방향의 전자력을 받는다.

R측의 영구 자석(103)에 작용하는 힘의 표기는, 각각 다음과 같다.

F_{zfR}: R측의 영구 자석(103aR)의 Z 방향으로 작용하는 힘

F_{xfR}: R측의 영구 자석(103bR)의 X 방향으로 작용하는 힘

F_{yfR}: R측의 영구 자석(103bR)의 Y 방향으로 작용하는 힘

F_{xbr}: R측의 영구 자석(103cR)의 X 방향으로 작용하는 힘

F_{ybr}: R측의 영구 자석(103cR)의 Y 방향으로 작용하는 힘

F_{zbr}: R측의 영구 자석(103dR)의 Z 방향으로 작용하는 힘

L측의 영구 자석(103)에 작용하는 힘의 표기는, 각각 다음과 같다.

F_{zfL}: L측의 영구 자석(103aL)의 Z 방향으로 작용하는 힘

F_{xfL}: L측의 영구 자석(103bL)의 X 방향으로 작용하는 힘

F_{yfL}: L측의 영구 자석(103bL)의 Y 방향으로 작용하는 힘

F_{xbl}: L측의 영구 자석(103cL)의 X 방향으로 작용하는 힘

F_{ybl}: L측의 영구 자석(103cL)의 Y 방향으로 작용하는 힘

F_{zbl}: L측의 영구 자석(103dL)의 Z 방향으로 작용하는 힘

또한, 가동자(101)에 대해 인가되는 힘 T를 다음 식 (6)에 의해 표기한다. 또한, T_x , T_y , T_z 는, 힘의 3축 성분이며, 각각 힘의 X 방향 성분, Y 방향 성분 및 Z 방향 성분이다. 또한, T_{wx} , T_{wy} , T_{wz} 는, 모멘트의 3축 성분이며, 각각 모멘트의 X축 둘레 성분, Y축 둘레 성분 및 Z축 둘레 성분이다. 본 실시 형태에 따른 반송 시스템(1)은, 이들 힘 T의 6축 성분(T_x , T_y , T_z , T_{wx} , T_{wy} , T_{wz})을 제어함으로써, 가동자(101)의 자세를 6축으로 제어하면서, 가동자(101)의 반송을 제어한다.

$$T = (T_x, T_y, T_z, T_{wx}, T_{wy}, T_{wz}) \dots \text{식 } (6)$$

그러면, T_x , T_y , T_z , T_{wx} , T_{wy} , T_{wz} 는, 각각 다음 식 (7a), (7b), (7c), (7d), (7e) 및 (7f)에 의해 산출된다.

$$T_x = F_{xfR} + F_{xbR} + F_{xfL} + F_{xbL} \dots \text{식 } (7a)$$

$$T_y = F_{yfL} + F_{yfR} + F_{ybL} + F_{ybR} \dots \text{식 } (7b)$$

$$T_z = F_{zbR} + F_{zbL} + F_{zfR} + F_{zfL} \dots \text{식 } (7c)$$

$$T_{wx} = \{(F_{zfL} + F_{zbL}) - (F_{zfR} + F_{zbR})\} * rx3 \dots \text{식 } (7d)$$

$$T_{wy} = \{(F_{zfL} + F_{zfR}) - (F_{zbL} + F_{zbR})\} * ry3 \dots \text{식 } (7e)$$

[0131] $T_{WZ} = \{(F_{yfL} + F_{yfR}) - (F_{ybL} + F_{ybR})\} * r_{Z3} \dots$ 식 (7f)

[0132] 이 때, 영구 자석(103)에 작용하는 힘에 대해서는, 다음 식 (7g), (7h), (7i) 및 (7j)에 의해 표현되는 제한을 도입할 수 있다. 이들의 제한을 도입함으로써, 소정의 6축 성분을 갖는 힘 T를 얻기 위한 각 영구 자석(103)에 작용하는 힘의 조합을 일의적으로 결정할 수 있다.

[0133] $F_{xfR} = F_{xbR} = F_{xfL} = F_{xbL} \dots$ 식 (7g)

[0134] $F_{yfL} = F_{yfR} \dots$ 식 (7h)

[0135] $F_{ybL} = F_{ybR} \dots$ 식 (7i)

[0136] $F_{zbR} = F_{zbL} \dots$ 식 (7j)

[0137] 다음에, 코일 전류 산출 함수(404)가, 각 영구 자석(103)에 작용하는 힘으로부터 각 코일(202)에 인가하는 전류량을 결정하는 방법에 대해 설명한다.

[0138] 먼저, N극 및 S극의 극성이 Z 방향으로 교대로 배열된 영구 자석(103a, 103d)에 Z 방향의 힘을 인가하는 경우에 대해 설명한다. 또한, 코일(202)은, 그 Z 방향의 중심이 영구 자석(103a, 103d)의 Z 방향의 중심에 위치하도록 배치되어 있다. 이에 의해, 영구 자석(103a, 103d)에 대해 X 방향 및 Y 방향으로 작용하는 힘은, 거의 발생하지 않도록 되어 있다.

[0139] X를 가동자(101)의 위치, j를 열에 배열한 코일(202)의 번호로 하여, 단위 전류당의 코일(202(j))의 Z 방향으로 작용하는 힘의 크기를 $F_z(j, X)$ 라 하고, 코일(202)(j)에 인가하는 전류를 $i(j)$ 라 한다. 또한, 코일(202(j))은, j번째 코일(202)이다. 이 경우, 전류 $i(j)$ 는, 다음 식 (8)을 만족하도록 결정할 수 있다. 또한, 다음 식 (8)은, 영구 자석(103dR)에 관한 식이다. 다른 영구 자석(103aR, 103aL, 103dL)에 대해서도 마찬가지로 하여 코일(202)에 인가하는 전류를 결정할 수 있다.

[0140] $\sum F_z(j, X) * i(j) = F_{zbR} \dots$ 식 (8)

[0141] 코일 전류 산출 함수(404)는, 상술한 바와 같이 하여 코일(202(j))에 인가하는 전류 명령값을 결정할 수 있다. 이와 같이 하여 결정되는 전류 명령값에 의해 가동자(101)에 인가되는 Z 방향의 힘에 의해, 가동자(101)는, Z 방향으로 부상하는 부상력을 얻음과 함께, 그 자세가 제어된다.

[0142] 또한, 복수의 코일(202)이 영구 자석(103)에 힘을 미치는 경우에는, 각 코일(202)이 미치는 힘에 따라 단위 전류당 힘의 크기로 전류를 안분함으로써, 영구 자석(103)에 작용하는 힘을 일의적으로 결정할 수 있다.

[0143] 또한, 도 1에 도시하는 바와 같이, 영구 자석(103)은, 가동자(101)의 L측 및 R측에 대칭으로 배치되어 있다. 이와 같은 영구 자석(103)의 대칭 배치에 의해, 영구 자석(103)에 작용하는 다성분의 힘, 예를 들어 영구 자석(103a, 103d)에 작용하는 W_x 의 힘, 즉 X축 둘레의 모멘트 성분을 L측 및 R측의 힘으로 상쇄하는 것이 가능해진다. 이 결과, 보다 고정밀도 가동자(101)의 자세 제어가 가능해진다.

[0144] 다음에, N극, S극 및 N극의 극성이 X 방향으로 교대로 배열된 영구 자석(103b)에 대해 X 방향 및 Y 방향에 대해 독립적으로 힘을 인가하는 방법에 대해 설명한다. 도 9는, 영구 자석(103b)에 대해 X 방향 및 Y 방향으로 독립적으로 힘을 인가하는 방법을 설명하는 개략도이다. 코일 전류 산출 함수(404)는, 이하에 따라, 영구 자석(103b)에 대해 X 방향 및 Y 방향에 대해 독립적으로 힘을 인가하기 위해서 코일(202)에 인가하는 전류 명령값을 결정한다. 또한, 영구 자석(103c)에 대해서도, 영구 자석(103b)과 마찬가지로 X 방향 및 Y 방향에 대해 독립적으로 힘을 인가할 수 있다.

[0145] X를 가동자(101)의 위치, j를 줄로 늘어선 코일(202)의 번호로서, 단위 전류당 코일(202(j))의 X 방향 및 Y 방향으로 작용하는 힘의 크기를, 각각 $F_x(j, X)$ 및 $F_y(j, X)$ 라 한다. 또한, 코일(202(j))의 전류의 크기를 $i(j)$ 라 한다. 또한 코일(202(j))은, j번째의 코일(202)이다.

[0146] 도 9 중 상단의 도면은, 가로로 X축, 세로로 Y축을 취하고, 영구 자석(103bR)에 대향하는 6개의 코일(202)을 발출하여 도시하는 도면이다. 도 9 중의 중단의 도면은, 도 9 중의 상단의 도면을 Y 방향으로부터 본 도면이다. 코일(202)에는, X 방향으로 배열된 순으로 1부터 6까지의 번호 j를 부여하고, 이하에서는 예를 들어 코일(202(1))과 같이 표기하여 각 코일(202)을 특정한다.

[0147] 도 9 중의 상단 및 중단의 도면에 도시하는 바와 같이, 코일(202)은, 거리 L의 폐치로 되어 있다. 한편, 가동자(101)의 영구 자석(103)은, 거리 $3/2*L$ 의 폐치로 배치되어 있다.

- [0148] 도 9 중의 하단의 그레프는, 도 9 중의 상단 및 중단의 도면에 나타내는 각각의 코일(202)에 대해 단위 전류를 인가했을 때에 발생하는 X 방향의 힘 F_x 및 Z 방향의 힘 F_z 의 크기를 모식적으로 도시한 그레프이다.
- [0149] 간단화를 위하여, 도 9에서는, 코일(202)의 X 방향의 위치 원점 O_c 를 코일(202(3))과 코일(202(4))의 중간으로 하여 영구 자석(103bR)의 X 방향의 중심 O_m 을 원점으로 하고 있다. 이 때문에, 도 9는, O_c 와 O_m 이 합치한 경우, 즉 $X=0$ 인 경우를 나타내고 있다.
- [0150] 이 때, 예를 들어 코일(202(4))에 대해 작용하는 단위 전류당의 힘은, X 방향으로 $F_x(4,0)$, Z 방향으로 $F_z(4,0)$ 의 크기이다. 또한, 코일(202(5))에 대해 작용하는 단위 전류당의 힘은, X 방향으로 $F_x(5,0)$, Z 방향으로 $F_z(5,0)$ 의 크기이다.
- [0151] 여기서, 코일((202(1) 내지 202(6))에 인가하는 전류값을 각각 $i(1)$ 내지 $i(6)$ 이라 한다. 그러면, 영구 자석(103bR)에 대해, X 방향으로 작용하는 힘의 크기 F_{xfR} 및 Y 방향으로 작용하는 힘의 크기 F_{zfR} 는, 각각 일반적으로 다음 식 (9) 및 (10)으로 표현된다.
- [0152] $F_{xfR}=F_x(1,X)*i(1)+F_x(2,X)*i(2)+F_x(3,X)*i(3)+F_x(4,X)*i(4)+F_x(5,X)*i(5)+F_x(6,X)*i(6) \dots$ 식 (9)
- [0153] $F_{zfR}=F_z(1,X)*i(1)+F_z(2,X)*i(2)+F_z(3,X)*i(3)+F_z(4,X)*i(4)+F_z(5,X)*i(5)+F_z(6,X)*i(6) \dots$ 식 (10)
- [0154] 상기 식 (9) 및 (10)을 만족하는 전류값 $i(1)$ 내지 $i(6)$ 를 각각 코일(202(1) 내지 202(6))에 인가되도록 전류 명령값을 결정함으로써, 영구 자석(103bR)에 대해 X 방향 및 Z 방향으로 독립적으로 힘을 인가할 수 있다. 코일 전류 산출 함수(404)는, 영구 자석(103)에 대해 X 방향 및 Z 방향으로 독립적으로 힘을 인가하기 위해서, 상술한 바와 같이 하여 코일(202(j))에 인가하는 전류 명령값을 결정할 수 있다.
- [0155] 보다 간단화하기 위하여, 도 9에 도시하는 경우에 있어서, 영구 자석(103bR)에 대해 코일(202(1) 내지 202(6)) 중의 코일(202(3), 202(4), 202(5))만을 사용하고, 또한 이들 3개의 전류값의 총합이 0으로 되도록 제어하는 경우를 예로 생각한다. 이 예의 경우, 영구 자석(103bR)에 대해 X 방향으로 작용하는 힘 F_{xfR} 및 Z 방향으로 작용하는 힘 F_{zfR} 은, 각각 다음 식 (11) 및 (12)에 의해 표현된다.
- [0156] $F_{xfR}=F_x(3,X)*i(3)+F_x(4,X)*i(4)+F_x(5,X)*i(5) \dots$ 식 (11)
- [0157] $F_{zfR}=F_z(3,X)*i(3)+F_z(4,X)*i(4)+F_z(5,X)*i(5) \dots$ 식 (12)
- [0158] 또한, 코일(202(1) 내지 202(6))의 전류값은, 다음 식 (13) 및 (14)를 만족하도록 설정할 수 있다.
- [0159] $i(3)+i(4)+i(5)=0 \dots$ 식 (13)
- [0160] $i(1)=i(2)=i(6)=0 \dots$ 식 (14)
- [0161] 따라서, 영구 자석(103bR)에 대해 필요한 힘의 크기(F_{xfR} , F_{zfR})가 결정된 경우, 전류값 $i(1)$, $i(2)$, $i(3)$, $i(4)$, $i(5)$ 및 $i(6)$ 를 일의적으로 결정할 수 있다. 이와 같이 하여 결정되는 전류 명령값에 의해 가동자(101)에 X 방향 및 Z 방향으로 힘이 인가된다. 가동자(101)에 인가되는 X 방향의 힘에 의해, 가동자(101)는, X 방향으로 이동하는 추진력을 얻어서 X 방향으로 이동한다. 또한, 이와 같이 하여 결정되는 전류 명령값에 의해 가동자(101)에 인가되는 X 방향 및 Z 방향의 힘에 의해, 가동자(101)는 그 자세가 제어된다.
- [0162] 이와 같이 하여, 통합 컨트롤러(301)는, 복수의 코일(202)에 인가하는 전류를 제어함으로써, 가동자(101)에 인가하는 힘의 6축 성분의 각각을 제어한다.
- [0163] 또한, 가동자(101)의 반송에 의해 영구 자석(103bR)의 중심 O_m 에 대해 코일(202)의 중심 O_c 가 이동한 경우, 즉 $X \neq 0$ 의 경우는, 이동한 위치에 따른 코일(202)을 선택할 수 있다. 또한, 코일(202)에 발생하는 단위 전류당의 힘에 기초하여, 상기와 마찬가지의 계산을 실행할 수 있다.
- [0164] 상술한 바와 같이 하여, 통합 컨트롤러(301)는, 복수의 코일(202)에 인가하는 전류의 전류 명령값을 결정하여 제어함으로써, 고정자(201) 상에서의 가동자(101)의 자세를 6축으로 제어하면서, 가동자(101)의 비접촉 상태에서의 고정자(201) 상의 반송을 제어한다. 즉, 통합 컨트롤러(301)는, 가동자(101)의 반송을 제어하는 반송 제어 수단으로서 기능하고, 복수의 코일(202)에 의해 영구 자석(103)이 받는 전자력을 제어함으로써, 고정자(201) 상에 있어서의 가동자(101)의 비접촉으로의 반송을 제어한다. 또한, 통합 컨트롤러(301)는, 가동자(101)의 자세를 제어하는 자세 제어 수단으로서 기능하고, 고정자(201) 상에 있어서의 가동자(101)의 자세를 6축으로 제어한다. 또한, 제어 장치로서의 통합 컨트롤러(301)의 기능 전부 또는 일부는, 코일 컨트롤러(302) 그 밖의 제어 장치에 의해 대체될 수 있다.

[0165] [제2 실시 형태]

제1 실시 형태에서는, 코일 혹은 코일 박스를 끌어내리는 예를 나타냈지만, 제2 실시 형태에서는 2개의 스테이션(3001a 및 3001b) 사이에 강자성체 혹은 비투자율이 큰 재료(비투자율이 10 이상인 부재)로 이루어지는 부재(1001b)를 배치하는 예를 나타낸다. 코일, 코일군, 혹은 코일 박스를 끌어내리는 대신 스테이션간에 부재(1001b)를 배치해도 되고, 끌어내리기 및 부재(1001b)의 배치 양쪽을 갖추고 있어도 된다. 그 밖의 구성은 제1 실시 형태와 마찬가지이며 상세한 설명은 생략한다. 본 실시 형태에서는 스테이션이 챔버인 예를 나타낸다. 도 12에 있어서, 2개의 챔버(3001a 및 3001b)는 각각 전공 챔버에서 도시하지 않은 전공 펌프가 접속되어 적절한 전공도로 유지되고 있다.

[0167] 2개의 챔버(3001a 및 3001b) 사이에는 게이트 벨브(3002)와 그것을 움직이게 하기 위해서 게이트 벨브 승강부(3003)가 있고, 양측의 챔버(3001a 및 3001b)의 분위기를 분리하는 역할을 하고 있다.

[0168] 게이트 벨브(3002)는 메인터넌스 등의 타이밍에는 하강되어 있지만, 가동자(101)를 반송하고 있는 동안은 상승되어 있다.

[0169] 게이트 벨브(3002)의 하면에 강자성체 혹은 비투자율이 큰 재료(비투자율이 10 이상인 부재)로 이루어지는 부재(1001b)가 장착되고, 가동자(101) 상의 영구 자석(103) 사이에 흡인력이 작용하는 위치에 고정되어 있다.

[0170] 이와 같이 구성함으로써 가동자(101)에는, 스페이스(3004)에 있어서 흡인력이 인가되므로 보다 안정적으로 가동자(101)를 반송하는 것이 가능해진다.

[0171] [제3 실시 형태]

[0172] 제1 실시 형태에서는, 코일, 코일군, 혹은 코일 박스를 끌어내리는 예를 나타냈지만, 제3 실시 형태에서는 코어의 크기를 바꾸는 예를 나타낸다. 코일, 코일군, 혹은 코일 박스를 끌어내리는 대신 코어의 크기를 바꾸어도 되고, 끌어내리기 및 코어의 크기 변경의 양쪽을 행해도 된다. 그 밖의 구성은 제1 실시 형태와 마찬가지이며 상세한 설명은 생략한다.

[0173] 도 13의 A에서는 코어(3014)의 크기가 다른 2종류의 코일(3101 및 3102)을 나타낸다. 코일(3101 및 3102)은, 코어(3104)와 권취선(3013)으로 구성된다. 코일(3102)의 코어(3104)는 코일(3101)의 코어(3104)보다 크게 설계되어 있다. 이와 같이 함으로써 코일(3102)의 자기 저항은 코일(3101)의 자기 저항보다 작아지므로 보다 큰 흡인력을 얻을 수 있다.

[0174] 도 13의 B는 코일(3101 및 3102)로 구성된 반송로이다. 반송로에는 스페이스(3103)가 있다. 스페이스(3103)에 가까운 측(제1 실시 형태에 있어서 코일 혹은 코일 박스를 끌어내린 부분)에, 그 이외의 부분의 코일(3101)보다 코어가 큰 코일(3012)을 배치한다.

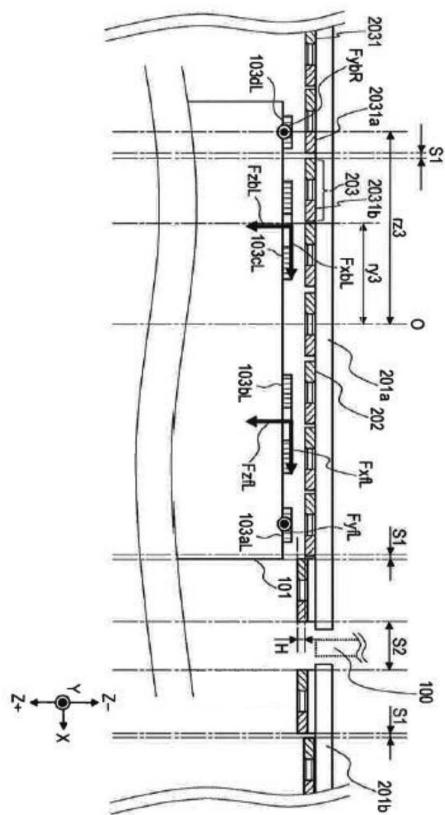
[0175] 이와 같이 구성함으로써 코일 혹은 코일 박스를 끌어내림으로써 얻어지는 효과와 마찬가지의 효과를 얻을 수 있다. 즉, 가동자를 안정적으로 원활하게 비접촉으로 반송할 수 있다.

[0176] 본 발명은 예시적인 실시예를 참조하여 설명되었지만, 본 발명은 개시된 예시적인 실시예로 제한되지 않는다는 것을 이해해야 한다. 다음의 청구범위의 범주는 모든 그러한 수정 및 균등의 구조 및 기능을 포함하도록 가장 넓은 해석에 따라야 한다.

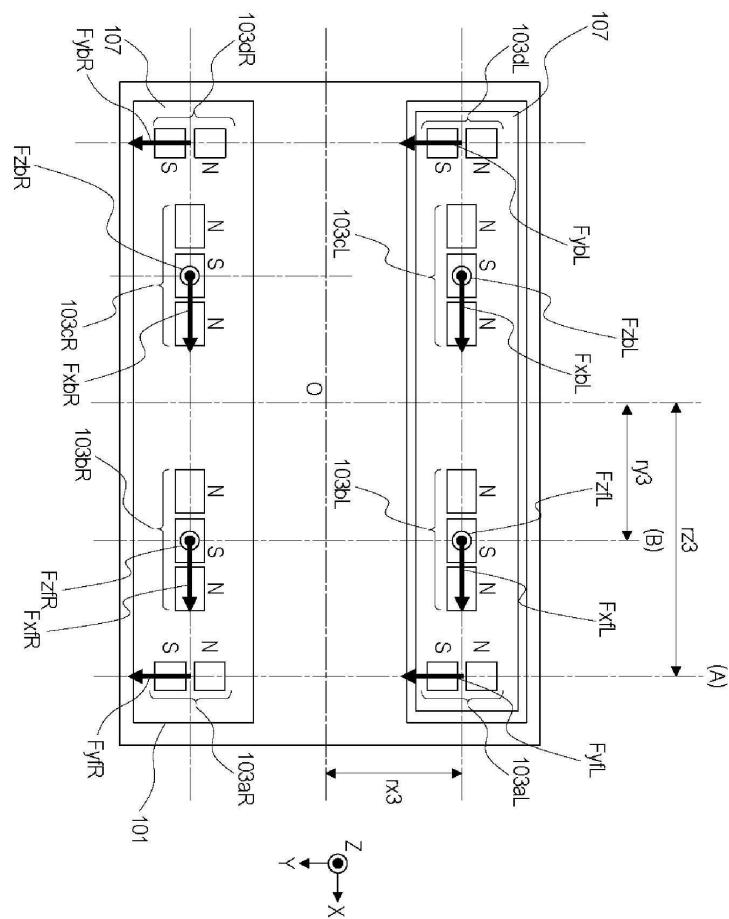
[0177] 본 발명은 2018년 12월 7일자로 출원된 일본 특허출원 제2018-230243호 및 2019년 11월 7일자로 출원된 일본 특허출원 제2019-202780호의 우선권의 이익을 주장하며, 이 우선권의 모든 내용들은 본 명세서에 참고로 원용되어 있다.

도면

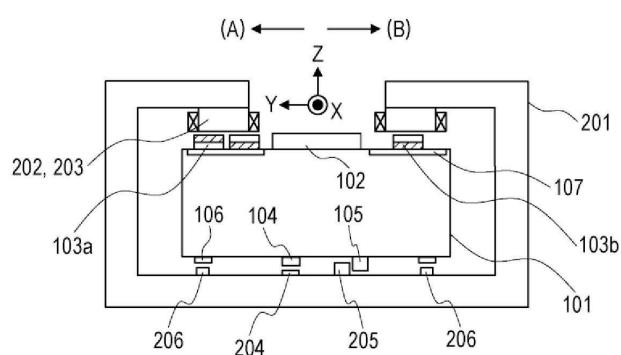
도면 1a



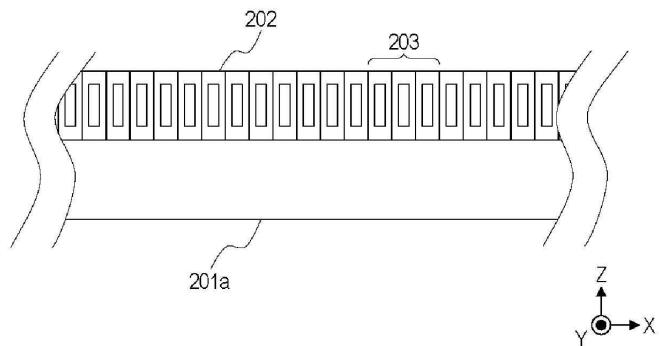
도면 1b



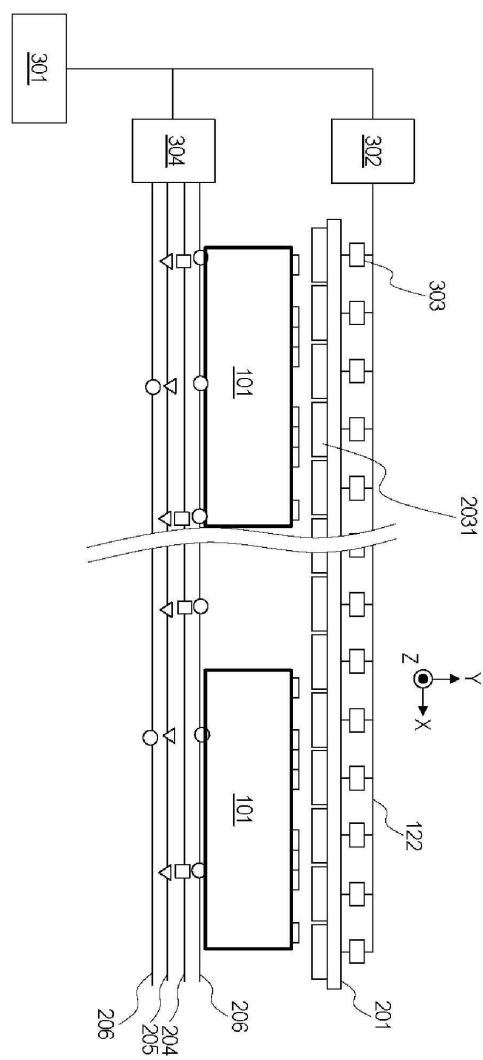
도면2



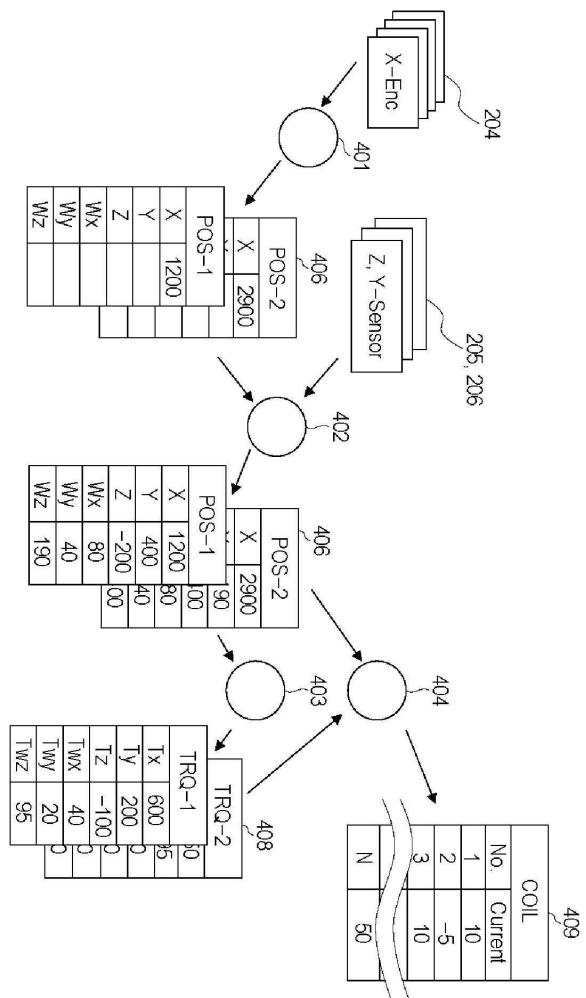
도면3



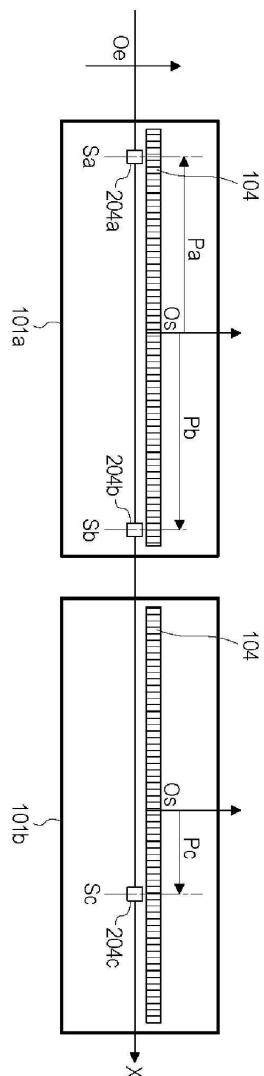
도면4



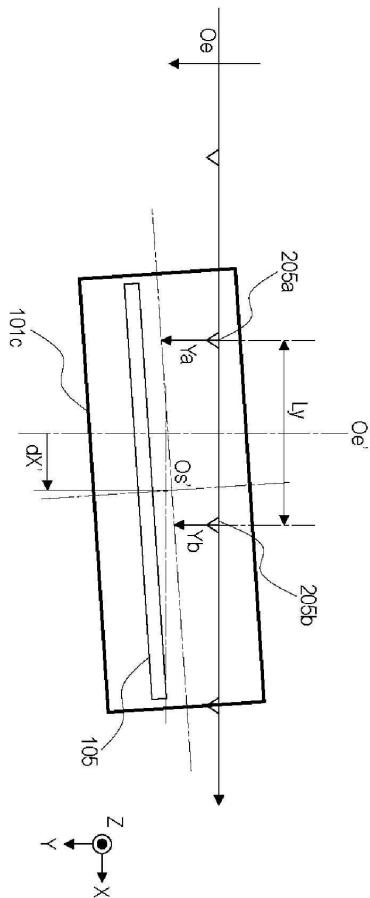
도면5



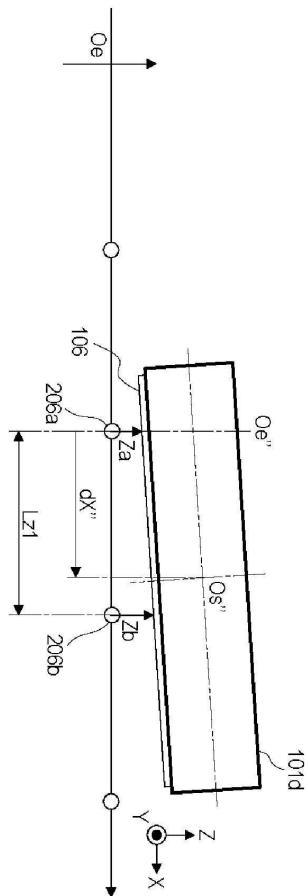
도면 6



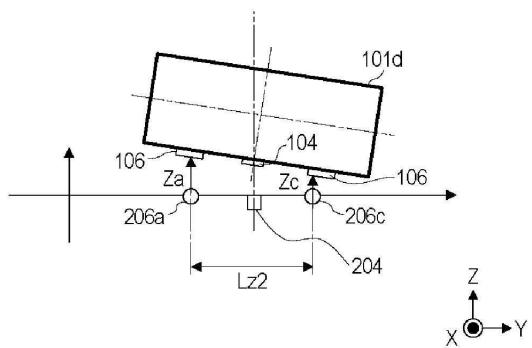
도면7



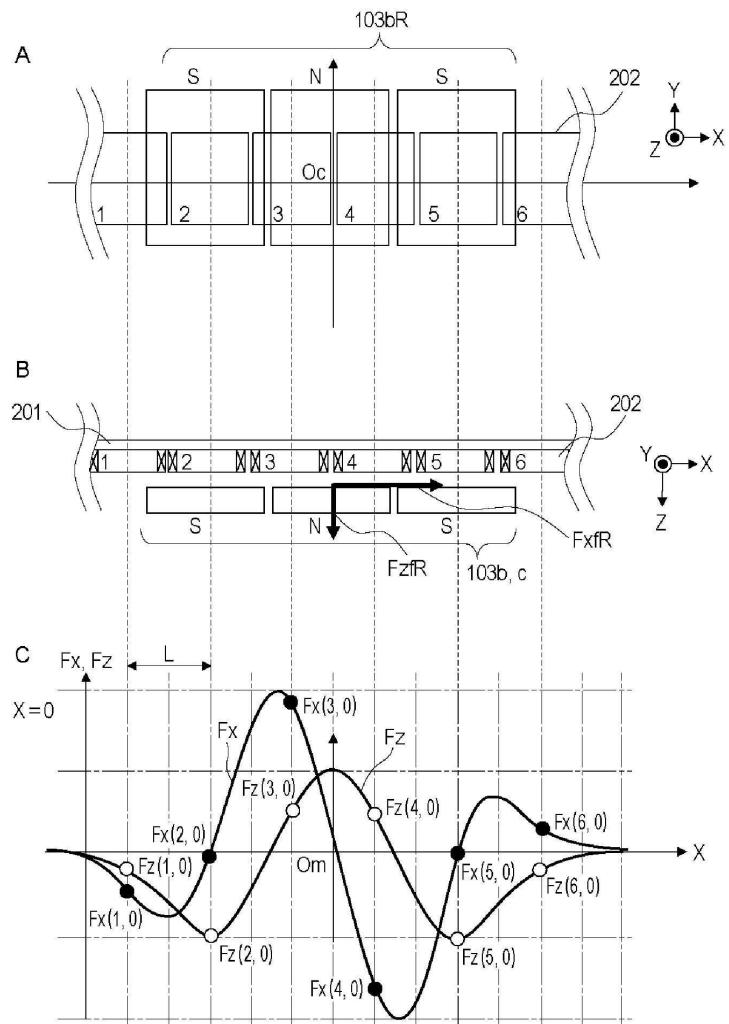
도면 8a



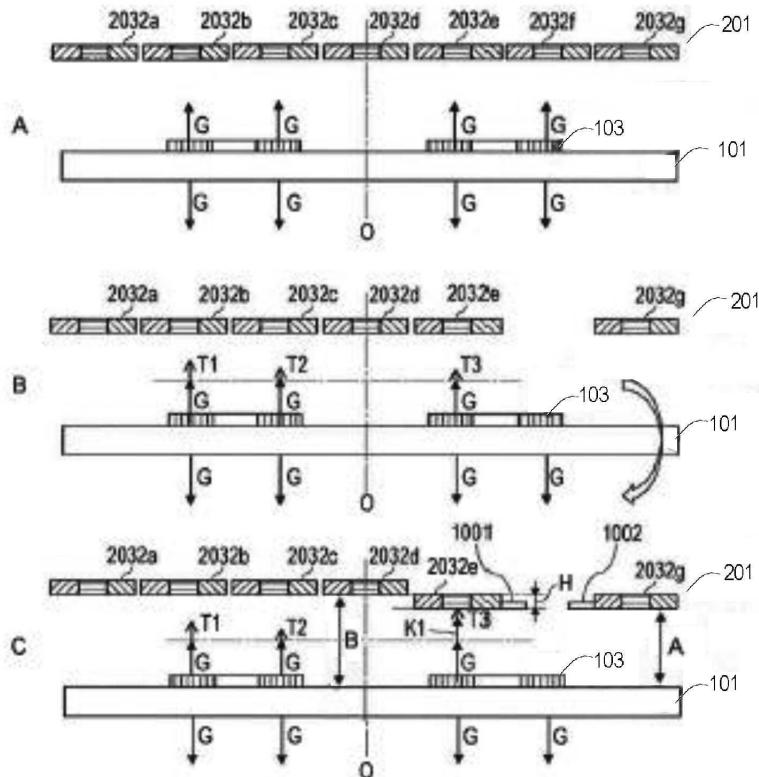
도면 8b



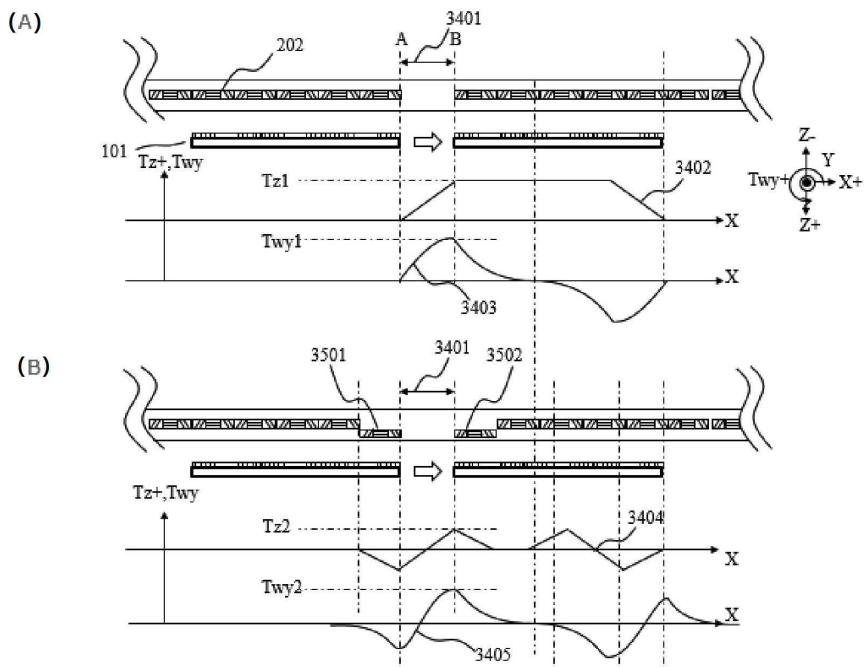
도면9



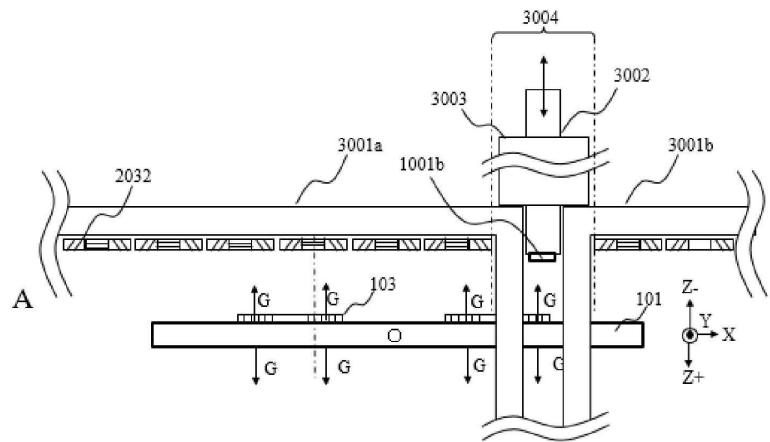
도면10



도면11



도면12



도면13

