



등록특허 10-2800581



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년04월24일  
(11) 등록번호 10-2800581  
(24) 등록일자 2025년04월22일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*F04D 29/048* (2006.01) *F04D 13/06* (2006.01)  
*F16C 32/04* (2006.01) *H02K 7/09* (2006.01)  
*H02K 7/14* (2014.01)
- (52) CPC특허분류  
*F04D 29/048* (2013.01)  
*F04D 13/06* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2021-7025213
- (22) 출원일자(국제) 2020년01월10일  
심사청구일자 2022년12월27일
- (85) 번역문제출일자 2021년08월09일
- (65) 공개번호 10-2021-0134899
- (43) 공개일자 2021년11월11일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2020/000656
- (87) 국제공개번호 WO 2020/183884  
국제공개일자 2020년09월17일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2019-046982 2019년03월14일 일본(JP)  
JP-P-2019-151775 2019년08월22일 일본(JP)

## (56) 선행기술조사문헌

- JP11325073 A\*  
JP2005121157 A\*  
JP2005098520 A  
JP59043220 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 11 항

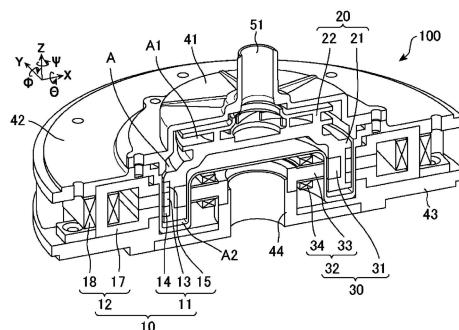
심사관 : 조덕현

(54) 발명의 명칭 자기 베어링, 이를 구비하는 구동 장치 및 펌프

**(57) 요약**

로터를 자기력에 의해 비접촉으로 지지하는 자기 베어링으로서, 로터에 마련된 자성 재료로 이루어지는 베어링 로터 부재와, 베어링 로터 부재의 주위에 배치된 베어링 스테이터 부재를 구비하고, 베어링 스테이터 부재는 자성 재료로 이루어지는 코어와, 코어에 감긴 코일을 갖고, 코어의 종단면 형상은 베어링 로터 부재와의 대향 방향

(뒷면에 계속)

**대 표 도 - 도1**

과 직교하는 제1 방향으로 뻗어 코일이 감기는 제1 부분과, 제1 부분의 제1 방향의 양단부로부터 베어링 로터 부재 측으로 뻗은 후, 제1 방향으로 서로 가까워지는 방향으로 뻗어 있는 한 쌍의 제2 부분과, 한 쌍의 제2 부분의 각 선단부로부터 베어링 로터 부재 측을 향하여 뻗어 있는 한 쌍의 제3 부분을 갖고, 베어링 로터 부재는 베어링 로터 부재 및 코어로 형성되는 자기 회로에 바이어스 자속을 공급하는 영구 자석을 포함한다.

(52) CPC특허분류

*F16C 32/04* (2013.01)

*H02K 7/09* (2013.01)

*H02K 7/14* (2021.01)

(72) 발명자

**카메이, 토시아키**

일본, 3540041 사이타마, 이루마-군, 미요시-마치,  
후지쿠보, 462-1, 가부시키가이샤 이와키 내

**세키, 타쿠야**

일본, 3540041 사이타마, 이루마-군, 미요시-마치,  
후지쿠보, 462-1, 가부시키가이샤 이와키 내

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

로터(rotor)를 자기력에 의해 비접촉으로 지지하는 자기 베어링(magnetic bearing)으로서, 상기 로터에 마련된, 자성 재료로 이루어지는 베어링 로터 부재(bearing rotor member); 및 상기 베어링 로터 부재의 주위에 배치되는 베어링 스테이터 부재(bearing stator member); 를 구비하고,  
상기 베어링 스테이터 부재는 자성 재료로 이루어지는 코어와, 상기 코어에 감긴 코일을 갖고,  
상기 코어의 종단면 형상은,  
상기 베어링 로터 부재와의 대향 방향과 직교하는 제1 방향으로 연장되어 상기 코일이 감기는 제1 부분(a first portion)과,  
상기 제1 부분의 상기 제1 방향의 양단부로부터 상기 베어링 로터 부재 측으로 연장된 후, 상기 제1 방향으로 서로 가까워지는 방향으로 연장되는 한 쌍의 제2 부분(a pair of second portions)과,  
상기 한 쌍의 제2 부분의 각 선단부로부터 상기 베어링 로터 부재 측을 향하여 연장되는 한 쌍의 제3 부분(a pair of third portions)  
을 갖고,  
상기 베어링 로터 부재는, 상기 베어링 로터 부재 및 상기 코어로 형성되는 자기 회로에 바이어스 자속을 공급하는 영구 자석(permanent magnet)을 포함하고,  
상기 제1 부분을 감은 상기 코일의 상기 제1 방향의 길이는 상기 한 쌍의 제3 부분의 상기 제1 방향의 대향면 간의 거리보다 긴 것을 특징으로 하는,  
자기 베어링.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 한 쌍의 제3 부분의 상기 제1 방향의 대향면과 반대측의 면간의 거리는 상기 제1 부분의 상기 제1 방향의 길이보다 짧은 것을 특징으로 하는,  
자기 베어링.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 한 쌍의 제3 부분의 상기 제1 방향의 대향면과 반대측의 면간의 거리는 상기 제3 부분과 대향하는 상기 베어링 로터 부재의 상기 제1 방향의 길이와 동일한 것을 특징으로 하는,  
자기 베어링.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 베어링 로터 부재는,  
원환형의 상기 영구 자석과,

상기 영구 자석을 상기 제1 방향으로 끼워 넣도록 배치된 원환형의 한 쌍의 요크를 갖고,

상기 한 쌍의 요크의 종단면 형상은,

상기 영구 자석의 상기 제1 방향의 양단면을 덮고 상기 베어링 스테이터 부재와 반대측으로 연장되는 한 쌍의 제4 부분과,

상기 한 쌍의 제4 부분의 상기 베어링 스테이터 부재와 반대측의 단부로부터 상기 제1 방향과 서로 가까워지는 방향으로 연장되는 한 쌍의 제5 부분을 갖고,

상기 제5 부분과 상기 영구 자석의 사이에 제1 간극이 형성되고,

상기 한 쌍의 제5 부분의 서로 대향하는 각 선단부 간에는 제2 간극이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는,

자기 베어링.

### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 베어링 스테이터 부재는 상기 베어링 로터 부재의 지름 방향의 외측에 복수 배치되고, 상기 베어링 로터 부재와 지름 방향으로 각각 대향하는 것을 특징으로 하는,

자기 베어링.

### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 베어링 스테이터 부재는 상기 베어링 로터 부재의 축 방향의 적어도 일방의 측에 복수 배치되고, 상기 베어링 로터 부재와 상기 축 방향으로 각각 대향하는 것을 특징으로 하는,

자기 베어링.

### 청구항 7

로터(rotor);

상기 로터를 자기력에 의해 지지하는 자기 베어링(magnetic bearing); 및

상기 로터를 회전 구동하는 구동 기구(drive mechanism);

를 구비하고,

상기 자기 베어링은,

상기 로터에 마련된 자성 재료로 이루어지는 베어링 로터 부재(bearing rotor member)와,

상기 베어링 로터 부재의 주위에 배치된 베어링 스테이터 부재(bearing stator member)

를 구비하고,

상기 베어링 스테이터 부재는 자성 재료로 이루어지는 코어와, 상기 코어에 감긴 코일을 갖고,

상기 코어의 종단면 형상은,

상기 베어링 로터 부재와의 대향 방향과 직교하는 제1 방향으로 연장되어 상기 코일이 감기는 제1 부분(a first portion)과,

상기 제1 부분의 상기 제1 방향의 양단부로부터 상기 베어링 로터 부재 측으로 연장된 후, 상기 제1 방향으로 서로 가까워지는 방향으로 연장되는 한 쌍의 제2 부분(a pair of second portions)과,

상기 한 쌍의 제2 부분의 각 선단부로부터 상기 베어링 로터 부재 측을 향하여 연장되는 한 쌍의 제3 부분(a pair of third portions)

을 갖고,

상기 베어링 로터 부재는 상기 베어링 로터 부재 및 상기 코어로 형성되는 자기 회로에 바이어스 자속을 공급하는 영구 자석을 포함하고,

상기 제1 부분을 감은 상기 코일의 상기 제1 방향의 길이는 상기 한 쌍의 제3 부분의 상기 제1 방향의 대향면 간의 거리보다 긴 것을 특징으로 하는,

구동 장치.

### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 베어링 로터 부재는,

원환형의 상기 영구 자석과,

상기 영구 자석을 상기 제1 방향으로 끼워 넣도록 배치된 원환형의 한 쌍의 요크를 갖고,

상기 한 쌍의 요크의 종단면 형상은,

상기 영구 자석의 상기 제1 방향의 양단면을 덮고 상기 베어링 스테이터 부재와 반대측으로 연장되는 한 쌍의 제4 부분(a pair of fourth portions)과,

상기 한 쌍의 제4 부분의 상기 베어링 스테이터 부재와 반대측의 단부로부터 상기 제1 방향과 서로 가까워지는 방향으로 연장되는 한 쌍의 제5 부분(a pair of fifth portions)을 갖고,

상기 제5 부분과 상기 영구 자석의 사이에 제1 간극(first gap)이 형성되고,

상기 한 쌍의 제5 부분의 서로 대향하는 각 선단부 간에는 제2 간극(second gap)이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는,

구동 장치.

### 청구항 9

제7항에 있어서,

상기 구동 기구는,

상기 로터에 있어서의 상기 베어링 로터 부재의 지름 방향의 내측에 배치된 종동 부재와,

상기 종동 부재의 내측에 배치되고 상기 종동 부재와 자기 결합되어 상기 로터를 구동하는 구동부를 갖는 것을 특징으로 하는,

구동 장치.

### 청구항 10

로터와,

상기 로터를 자기력에 의해 지지하는 자기 베어링과,

상기 로터를 회전 구동하는 구동 기구와,

상기 로터에 장착된 임펠러를 포함하는 펌프 기구

를 구비하고,

상기 자기 베어링은,

상기 로터에 마련된 자성 재료로 이루어지는 베어링 로터 부재와,

상기 베어링 로터 부재의 주위에 배치된 베어링 스테이터 부재

를 구비하고,

상기 베어링 스테이터 부재는 자성 재료로 이루어지는 코어와, 상기 코어에 감긴 코일을 갖고,

상기 코어의 종단면 형상은,

상기 베어링 로터 부재와의 대향 방향과 직교하는 제1 방향으로 연장되어 상기 코일이 감기는 제1 부분과,

상기 제1 부분의 상기 제1 방향의 양단부로부터 상기 베어링 로터 부재 측으로 연장된 후, 상기 제1 방향으로 서로 가까워지는 방향으로 연장되는 한 쌍의 제2 부분과,

상기 한 쌍의 제2 부분의 각 선단부로부터 상기 베어링 로터 부재 측을 향하여 연장되는 한 쌍의 제3 부분을 갖고,

상기 베어링 로터 부재는 상기 베어링 로터 부재 및 상기 코어로 형성되는 자기 회로에 바이어스 자속을 공급하는 영구 자석을 포함하고,

상기 제1 부분을 감은 상기 코일의 상기 제1 방향의 길이는 상기 한 쌍의 제3 부분의 상기 제1 방향의 대향면 간의 거리보다 긴 것을 특징으로 하는,

펌프.

## 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 베어링 로터 부재는,

원환형의 상기 영구 자석과,

상기 영구 자석을 상기 제1 방향으로 끼워 넣도록 배치된 원환형의 한 쌍의 요크를 갖고,

상기 한 쌍의 요크의 종단면 형상은,

상기 영구 자석의 상기 제1 방향의 양단면을 덮고 상기 베어링 스테이터 부재와 반대측으로 연장되는 한 쌍의 제4 부분과,

상기 한 쌍의 제4 부분의 상기 베어링 스테이터 부재와 반대측의 단부로부터 상기 제1 방향과 서로 가까워지는 방향으로 연장되는 한 쌍의 제5 부분을 갖고,

상기 제5 부분과 상기 영구 자석의 사이에 제1 간극이 형성되고,

상기 한 쌍의 제5 부분의 서로 대향하는 각 선단부 간에는 제2 간극이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는,

펌프.

## 청구항 12

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001]

본 발명은 자기 베어링(magnetic bearing), 이를 구비하는 구동 장치(drive device) 및 펌프(pump)에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002]

펌프 장치의 임펠러의 하중 등을 자기력에 의해 비접촉으로 지지하는 자기 베어링이 알려져 있다(예를 들면, 특허문현 1 참조). 도 20에 도시된 바와 같이 이러한 자기 베어링(300)은, 예를 들면 임펠러(300a)를 구비한 로터(301)에 마련된 베어링 로터 부재(306)와, 하우징(309)에 고정된 베어링 스테이터 부재(302)로 구성되어 있다.

### 선행기술문헌

## 특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 일본 공개특허공보 2005-121157호

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0004] 이러한 자기 베어링(300)에 있어서는, 베어링 스테이터 부재(302)를 구성하는 그자형 코어(304)와 베어링 로터 부재(306)로 형성되는 자기 회로를 지나는 자속  $\Phi$ 에 의해, 로터(301)에 대한 규정 위치로의 복원력이 작용한다. 이 복원력은, 예를 들면 베어링 스테이터 부재(302)의 코어(304)의 길이와, 베어링 로터 부재(306)의 스러스트 방향의 두께 L이 대략 동일하고, 또한 최대한 얇을수록 크다는 것이 알려져 있다.

[0005] 한편, 자속  $\Phi$ 은, 베어링 스테이터 부재(302)의 코일(305)에 의해 제어된다. 응답성을 높이기 위해서는 코일(305)의 인덕턴스를 매우 작게 할 것이 요구된다. 코일의 인덕턴스는 코일의 단면적 S에 비례하고, 코일 길이 l에 반비례한다. 이로 인하여 코일(305)의 응답성을 높이기 위해서는 코일(305)의 단면적 S를 작게 하고, 코일(305)의 길이 l을 길게 하도록 코어(304)에 코일(305)을 감을 필요가 있다.

[0006] 그러나, 코일 길이 l이 길어지면, 로터(301)의 베어링 로터 부재(306)의 스러스트 방향의 두께 L도 증가하게 된다. 이로 인하여 로터(301)의 복원력이 저하되게 된다. 특히 로터(301)가 기울었을 때의 복원 토크가 저하됨과 함께, 스러스트 방향의 자기 베어링(300)의 치수(사이즈)가 커지게 된다.

[0007] 본 발명은 상기 사정을 감안하여 이루어진 것이며, 로터의 복원력을 강하게 하면서 응답성을 높일 수 있는 자기 베어링, 이것을 구비한 구동 장치 및 펌프를 제공하는 것을 목적으로 한다.

#### 과제의 해결 수단

[0008] 본 발명에 관한 자기 베어링은 로터를 자기력에 의해 비접촉으로 지지하는 자기 베어링으로서, 상기 로터에 마련된 자성 재료로 이루어지는 베어링 로터 부재와, 상기 베어링 로터 부재의 주위에 배치된 베어링 스테이터 부재를 구비하고, 상기 베어링 스테이터 부재는 자성 재료로 이루어지는 코어와, 상기 코어에 감긴 코일을 갖고, 상기 코어의 종단면 형상은 상기 베어링 로터 부재와의 대향 방향과 직교하는 제1 방향으로 뻗어 상기 코일이 감기는 제1 부분과, 상기 제1 부분의 상기 제1 방향의 양단부로부터 상기 베어링 로터 부재 측으로 뻗은 후, 상기 제1 방향으로 서로 가까워지는 방향으로 뻗어 있는 한 쌍의 제2 부분과, 상기 한 쌍의 제2 부분의 각 선단부로부터 상기 베어링 로터 부재 측을 향하여 뻗어 있는 한 쌍의 제3 부분을 갖고, 상기 베어링 로터 부재는 상기 베어링 로터 부재 및 상기 코어로 형성되는 자기 회로에 바이어스 자속을 공급하는 영구 자석을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 상기 코일의 상기 제1 방향의 길이는 상기 한 쌍의 제3 부분의 상기 제1 방향의 대향면 간의 거리보다 길다.

[0010] 본 발명의 다른 실시형태에 있어서, 상기 한 쌍의 제3 부분의 상기 제1 방향의 대향면과 반대측의 면간의 거리는 상기 제1 부분의 상기 제1 방향의 대향면과 반대측의 면간의 거리보다 짧다.

[0011] 본 발명의 또 다른 실시형태에 있어서, 상기 한 쌍의 제3 부분의 상기 제1 방향의 대향면과 반대측의 면간의 거리는 상기 제3 부분과 대향하는 상기 베어링 로터 부재의 상기 제1 방향의 길이와 대략 동일하다. 또한 본 발명의 또 다른 실시형태에 있어서, 상기 베어링 로터 부재는 원환형의 상기 영구 자석과, 상기 영구 자석을 상기 제1 방향으로 끼워 넣도록 배치된 원환형의 한 쌍의 요크를 갖고, 상기 한 쌍의 요크의 종단면 형상은 상기 영구 자석의 상기 제1 방향의 양단면을 덮고 상기 베어링 스테이터 부재와 반대측으로 뻗어 있는 한 쌍의 제4 부분과, 상기 한 쌍의 제4 부분의 상기 베어링 스테이터 부재와 반대측의 단부로부터 상기 제1 방향과 서로 가까워지는 방향으로 뻗어 있는 한 쌍의 제5 부분을 갖고, 상기 제5 부분과 상기 영구 자석의 사이에 제1 간극이 형성되고, 상기 한 쌍의 제5 부분의 서로 대향하는 각 선단부 간에는 제2 간극이 형성되어 있다.

[0012] 본 발명의 또 다른 실시형태에 있어서, 상기 베어링 스테이터 부재는 상기 베어링 로터 부재의 지름 방향의 외측에 복수 배치되고, 상기 베어링 로터 부재와 지름 방향으로 각각 대향한다.

[0013] 본 발명의 또 다른 실시형태에 있어서, 상기 베어링 스테이터 부재는 상기 베어링 로터 부재의 축 방향의 적어

도 일방의 측에 복수 배치되고, 상기 베어링 로터 부재와 상기 축 방향으로 각각 대향한다.

[0014] 본 발명에 관한 구동 장치는, 로터와, 상기 로터를 자기력에 의해 지지하는 자기 베어링과, 상기 로터를 회전 구동하는 구동 기구를 구비하고, 상기 자기 베어링은 상기 로터에 마련된 자성 재료로 이루어지는 베어링 로터 부재와, 상기 베어링 로터 부재의 주위에 배치된 베어링 스테이터 부재를 구비하고, 상기 베어링 스테이터 부재는 자성 재료로 이루어지는 코어와, 상기 코어에 감긴 코일을 갖고, 상기 코어의 종단면 형상은 상기 베어링 로터 부재와의 대향 방향과 직교하는 제1 방향으로 뻗어 상기 코일이 감기는 제1 부분과, 상기 제1 부분의 상기 제1 방향의 양단부로부터 상기 베어링 로터 부재 측으로 뻗은 후, 상기 제1 방향으로 서로 가까워지는 방향으로 뻗어 있는 한 쌍의 제2 부분과, 상기 한 쌍의 제2 부분의 각 선단부로부터 상기 베어링 로터 부재 측을 향하여 뻗어 있는 한 쌍의 제3 부분을 갖고, 상기 베어링 로터 부재는 상기 베어링 로터 부재 및 상기 코어로 형성되는 자기 회로에 바이어스 자속을 공급하는 영구 자석을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 상기 베어링 로터 부재는 원환형의 상기 영구 자석과, 상기 영구 자석을 상기 제1 방향으로 끼워 넣도록 배치된 원환형의 한 쌍의 요크를 갖고, 상기 한 쌍의 요크의 종단면 형상은 상기 영구 자석의 상기 제1 방향의 양단면을 덮고 상기 베어링 스테이터 부재와 반대측으로 뻗어 있는 한 쌍의 제4 부분과, 상기 한 쌍의 제4 부분의 상기 베어링 스테이터 부재와 반대측의 단부로부터 상기 제1 방향과 서로 가까워지는 방향으로 뻗어 있는 한 쌍의 제5 부분을 갖고, 상기 제5 부분과 상기 영구 자석의 사이에 제1 간극이 형성되고, 상기 한 쌍의 제5 부분의 서로 대향하는 각 선단부 간에는 제2 간극이 형성되어 있다.

[0016] 또한 본 발명의 다른 실시형태에 있어서, 상기 구동 기구는 상기 로터에 있어서의 상기 베어링 로터 부재의 지름 방향의 내측에 배치된 종동 부재와, 상기 종동 부재의 내측에 배치되고 상기 종동 부재와 자기 결합되어 상기 로터를 구동하는 구동부를 갖는다.

[0017] 본 발명에 관한 펌프는, 로터와, 상기 로터를 자기력에 의해 지지하는 자기 베어링과, 상기 로터를 회전 구동하는 구동 기구와, 상기 로터에 장착된 임펠러를 포함하는 펌프 기구를 구비하고, 상기 자기 베어링은 상기 로터에 마련된 자성 재료로 이루어지는 베어링 로터 부재와, 상기 베어링 로터 부재의 주위에 배치된 베어링 스테이터 부재를 구비하고, 상기 베어링 스테이터 부재는 자성 재료로 이루어지는 코어와, 상기 코어에 감긴 코일을 갖고, 상기 코어의 종단면 형상은 상기 베어링 로터 부재와의 대향 방향과 직교하는 제1 방향으로 뻗어 상기 코일이 감기는 제1 부분과, 상기 제1 부분의 상기 제1 방향의 양단부로부터 상기 베어링 로터 부재 측으로 뻗은 후, 상기 제1 방향으로 서로 가까워지는 방향으로 뻗어 있는 한 쌍의 제2 부분과, 상기 한 쌍의 제2 부분의 각 선단부로부터 상기 베어링 로터 부재 측을 향하여 뻗어 있는 한 쌍의 제3 부분을 갖고, 상기 베어링 로터 부재는 상기 베어링 로터 부재 및 상기 코어로 형성하는 자기 회로에 바이어스 자속을 공급하는 영구 자석을 포함하는 것을 특징으로 한다. 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 상기 베어링 로터 부재는 원환형의 상기 영구 자석과, 상기 영구 자석을 상기 제1 방향으로 끼워 넣도록 배치된 원환형의 한 쌍의 요크를 갖고, 상기 한 쌍의 요크의 종단면 형상은 상기 영구 자석의 상기 제1 방향의 양단면을 덮고 상기 베어링 스테이터 부재와 반대측으로 뻗어 있는 한 쌍의 제4 부분과, 상기 한 쌍의 제4 부분의 상기 베어링 스테이터 부재와 반대측의 단부로부터 상기 제1 방향과 서로 가까워지는 방향으로 뻗어 있는 한 쌍의 제5 부분을 갖고, 상기 제5 부분과 상기 영구 자석의 사이에 제1 간극이 형성되고, 상기 한 쌍의 제5 부분의 서로 대향하는 각 선단부 간에는 제2 간극이 형성되어 있다.

### 발명의 효과

[0018] 본 발명에 의하면 로터의 복원력을 강하게 하면서 응답성을 높일 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은, 본 발명의 제1 실시형태에 관한 자기 베어링 및 이것을 구비한 구동 장치가 적용된 펌프의 전체 구성을 개략적으로 도시한 절결 사시도이다.

도 2는, 동(同) 펌프를 개략적으로 도시한 종단면도이다.

도 3은, 동 자기 베어링을 개략적으로 도시한 확대 종단면도이다.

도 4는, 동 구동 장치의 전체 구성을 개략적으로 도시한 상면도이다.

도 5는, 본 발명의 제2 실시형태에 관한 구동 장치의 전체 구성을 개략적으로 도시한 상면도이다.

도 6은, 본 발명의 제3 실시형태에 관한 자기 베어링을 개략적으로 도시한 사시도이다.

도 7은, 도 6의 A-A'선 단면도이다.

도 8은, 본 발명의 제4 실시형태에 관한 자기 베어링을 개략적으로 도시한 사시도이다.

도 9는, 도 8의 B-B'선 단면도이다.

도 10은, 동 자기 베어링의 베어링 로터 부재를 개략적으로 도시한 사시도이다.

도 11은, 본 발명의 제5 실시형태에 관한 베어링 로터 부재를 개략적으로 도시한 사시도이다.

도 12는, 본 발명의 제6 실시형태에 관한 베어링 로터 부재를 개략적으로 도시한 종단면도이다.

도 13은, 도 12의 자성 재료부를 개략적으로 도시한 사시도이다.

도 14는, 본 발명의 제7 실시형태에 관한 자기 베어링을 개략적으로 도시한 상면도이다.

도 15는, 본 발명의 제8 실시형태에 관한 자기 베어링을 개략적으로 도시한 종단면도이다.

도 16은, 본 발명의 제9 실시형태에 관한 자기 베어링을 개략적으로 도시한 상면도이다.

도 17은, 본 발명의 제10 실시형태에 관한 자기 베어링 및 이것을 구비한 펌프의 전체 구성을, 일부를 생략해 개략적으로 도시한 종단면도이다.

도 18은, 도 17의 C-C'선 단면도이다.

도 19는, 본 발명의 제11 실시형태에 관한 자기 베어링을 개략적으로 도시한 종단면도이다.

도 20은, 종래의 자기 베어링의 전체 구성을 개략적으로 도시한 종단면도이다.

### **발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0020] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 실시형태에 관한 자기 베어링, 이것을 구비한 구동 장치 및 펌프를 상세하게 설명한다. 단 이하의 실시형태는 각 청구항에 관한 발명을 한정하는 것이 아니며, 또한 실시형태 중에서 설명되고 있는 특징의 조합 모두가 발명의 해결 수단에 필수라고는 할 수 없다. 또한 이하의 실시형태에 있어서, 동일하거나 또는 상당하는 구성요소에는 동일한 부호를 붙여 중복되는 설명을 생략한다. 또한 실시형태에 있어서는, 각 구성요소의 축척이나 치수가 과장되게 나타나 있는 경우나 일부의 구성요소가 생략되어 있는 경우가 있다.

[0021] [제1 실시형태]

[0022] [자기 베어링, 구동 장치 및 펌프의 구성]

[0023] 도 1은, 제1 실시형태에 관한 자기 베어링(10) 및 이것을 구비한 구동 장치(90)가 적용된 펌프(100)의 전체 구성을 개략적으로 도시한 일부 절결된 사시도이다. 도 2는, 펌프(100)를 개략적으로 도시한 종단면도, 도 3은, 자기 베어링(10)을 개략적으로 도시한 확대 종단면도, 도 4는, 구동 장치(90)의 전체 구성을 개략적으로 도시한 상면도이다.

[0024] 도 1 내지 도 4에 도시된 바와 같이 제1 실시형태에 관한 펌프(100)는, 예를 들면 인공 심장용 펌프 등에 이용되며, 로터(20)와, 이 로터(20)를 자기력에 의해 비접촉으로 지지하는 자기 베어링(10)과, 로터(20)를 회전 구동하는 구동 기구(30)를 구비하고 있다. 또한 이 예에서는 펌프(100)를 나타내고 있지만, 이를 로터(20), 자기 베어링(10) 및 구동 기구(30)는, 로터(20)를 회전 구동한다는 기능에만 주목한다면 도 4에 도시된 바와 같이 구동 장치(액츄에이터)(90)로 볼 수 있다.

[0025] 또한 이후의 설명에서는 로터(20)의 회전축 방향을 Z방향(스러스트 방향이라고도 부른다.), 로터(20)의 지름 방향을 X방향 및 Y방향(래디얼 방향이라고도 부른다.), Z축(회전축) 둘레의 회전 방향을 Ψ방향, X축 둘레의 회전 방향을 Θ방향, Y축 둘레의 회전 방향을 Φ방향이라고 각각 부르기로 한다. 또한 X축, Y축 및 Z축은 서로 직교하는 것으로 한다.

[0026] 로터(20)는, 전체가 수지 등의 비자성체로 형성되어, Z축 방향의 일단에 마련된 환형의 베어링/구동부(21)와, 타단에 마련된 임펠러(22)를 일체로 형성하여 이루어진다. 로터(20)는, 프론트 케이싱(41)과 리어 케이싱(42)으로 형성되는 밀폐 공간(A)에 수용되어 있다. 밀폐 공간(A)은, 임펠러(22)가 수용되는 펌프실(A1)과, 베어링/구

동부(21)가 수용되는 환형 공간(A2)을 포함한다. 임펠러(22)는 펌프실(A1)과 함께 펌프 기구를 구성한다. 프론트 케이싱(41)의 전면 중앙부에는 펌프실(A1)에 연통하는 흡입구(51)가 마련되어 있고, 프론트 케이싱(41)의 측면에는 펌프실(A1)에 연통하는 토출구(도시하지 않음)가 마련되어 있다.

[0027] 자기 베어링(10)은, 로터(20)의 베어링/구동부(21)의 외주측에 장착된 환형의 자성 재료로 이루어지는 베어링 로터 부재(11)와, 이 베어링 로터 부재(11)의 래디얼 방향의 외측에, 베어링 로터 부재(11)와 소정의 간격을 갖고 배치된 베어링 스테이터 부재(12)를 갖는다. 베어링 스테이터 부재(12)는 환형의 요크 베이스(43)와, 리어 케이싱(42)의 외주부의 사이에 장착되어 있다.

[0028] 구동 기구(30)는, 로터(20)의 베어링/구동부(21)의 내주측에 장착된 환형의 종동 부재로서의 종동 마그넷(31)과, 이 종동 마그넷(31)의 래디얼 방향의 내측에, 종동 마그넷(31)과 소정의 간극을 갖고 배치된 구동부로서의 모터 스테이터(32)를 갖는다. 이 예에서는 종동 마그넷(31)이, 예를 들면 래디얼 방향 4극에 착자(着磁)한 네오디뮴 자석, 모터 스테이터(32)가, 6개의 돌극(突極)을 갖는 자성체의 모터 스테이터 코어(33)와, 이 모터 스테이터 코어(33)의 각 돌극에 감긴 모터 코일(34)을 갖는 삼상 브러시리스 모터의 스테이터로서 구성되어 있다. 모터 스테이터(32)는, 요크 베이스(43)의 내측에 고정된 하우징(44)과 리어 케이싱(42)의 중앙부 사이에 장착되어 있다.

[0029] 다음으로 자기 베어링(10)에 대해 상세하게 설명한다.

[0030] 자기 베어링(10)의 베어링 로터 부재(11)는, 예를 들면 원환형으로 성형된 네오디뮴 자석으로 이루어지는 영구 자석(13)과, 이 영구 자석(13)과 동심으로, 스러스트 방향(Z축 방향)으로 끼워 넣도록 배치된 원환형의 전자 연철로 이루어지는 요크(14, 15)를 갖는다. 영구 자석(13)은, 예를 들면 스러스트 방향으로 N극 및 S극이 대향하고 또한 둘레 방향 전체둘레에 걸쳐 동극이 되도록 착자되어 있다.

[0031] 한편, 자기 베어링(10)의 베어링 스테이터 부재(12)는, 이 실시형태에서는 도 4에 도시된 바와 같이 베어링 로터 부재(11)의 둘레 방향의 4개소에  $90^\circ$ 의 각도를 갖고 배치되어 있다. 그 중에서 X축 방향과 대향하는 한 쌍의 베어링 스테이터 부재(12x)는 로터(20)의 X축 방향의 위치 및  $\Phi$ 방향의 각도를 제어하고, Y축 방향과 대향하는 한 쌍의 베어링 스테이터 부재(12y)는 로터(20)의 Y축 방향의 위치 및  $\Theta$ 방향의 각도를 제어한다. 또한 베어링 스테이터 부재(12x, 12y)는 Z축 방향의 높이를 제어한다. 또한 요크 베이스(43)에는, 베어링 로터 부재(11)의 래디얼 방향, 스러스트 방향 및 각 회전 방향의 변위를 검지하는 변위 센서(16)가 X방향 및 Y방향과 각각  $45^\circ$ 의 각도로 교차하도록 복수(여기에서는 4개) 배치되어 있다. 변위 센서(16)는, 예를 들면 와전류식의 센서를 들 수 있지만 이것으로 한정되지 않으며, 다양한 센서를 채용할 수 있다.

[0032] 베어링 스테이터 부재(12)는, 예를 들면 적층 전자강판 등의 자성 재료로 이루어지는 코어(17)와, 이 코어(17)에 감긴 코일(18)을 갖는다. 코어(17)는, 종단면 형상이 베어링 로터 부재(11) 측을 개방단으로 하는 대략 C자 형으로 되어 있다. 보다 구체적으로는, 코어(17)의 종단면 형상은 도 3에 도시된 바와 같이 베어링 로터 부재(11)와의 대향 방향과 직교하는 제1 방향(이 예에서는 Z축 방향)으로 뻗어 있으며, 코일(18)이 감기는 제1 부분(17a)과, 이 제1 부분(17a)의 Z축 방향의 양단부로부터 베어링 로터 부재(11) 측으로 뻗은 후, Z축 방향으로 서로 가까워지는 방향으로 뻗어 있는 한 쌍의 제2 부분(17b)과, 이 한 쌍의 제2 부분의 각 선단부로부터 베어링 로터 부재(11) 측을 향하여 뻗어 있는 한 쌍의 제3 부분(17c)을 포함한다. 환연하면 코어(17)는 종단면 형상에 있어서, 코일(18)이 감기는 제1 부분(17a)의 Z축 방향의 양단으로부터, 베어링 로터 부재(11)를 향해 본래는 뻗어 있을 C자 형상의 개방단 부분(도 20 참조)에 한 쌍의 열쇠형 형상 부분을 갖고, 개방단을 서로 접근시키는 형상을 갖고 있다.

[0033] 이러한 형상이면, 코일(18)의 Z축 방향의 길이 1을, 코어(17)의 개방단측의 한 쌍의 제3 부분(17c)의 Z축 방향의 대향면 간의 거리 L1보다 길게 할 수 있다. 또한 코어(17)의 개방단측의 폭, 즉 한 쌍의 제3 부분(17c)의 Z축 방향의 대향면과 반대측의 면간의 거리 L2는, 코어(17)의 본래의 Z축 방향의 길이 L4보다 짧고, 베어링 로터 부재(11)의 Z축 방향의 길이 L3과 대략 동일하다.

[0034] [자기 베어링, 구동 장치 및 펌프의 동작]

[0035] 다음으로, 상기와 같이 구성된 자기 베어링(10) 및 이것을 구비한 구동 장치(90)가 적용된 펌프(100)의 동작을 설명한다.

[0036] 자기 베어링(10)을 구성하는 베어링 로터 부재(11) 및 베어링 스테이터 부재(12)의 코어(17)는, 자성 재료로 구성되어 자기 회로를 형성한다. 베어링 로터 부재(11)의 영구 자석(13)은 이 자기 회로에 바이어스 자속을 공급한다. 도시하지 않은 제어 회로는, 변위 센서(16)에서 검출된 로터(20)의 XYZ축 방향의 변위 및  $\Phi$  및  $\Theta$ 방향의

경사를 보정하도록 코일(18)에 흐르는 전류를 제어하여, 코일(18)에 의해 발생하는 제어 자속을 조정한다. 이로써 로터(20)는 자기 베어링(10)에 의해 소정 위치 및 소정 자세를 유지하면서 비접촉 상태로 지지된다.

[0037] 이 상태에서 모터 스테이터(32)의 모터 코일(34)에 삼상 교류 전력을 공급하면 삼상 브러시리스 모터가 동작하여 로터(20)가 회전한다. 로터(20)가 회전하면 임펠러(22)도 회전하므로 흡입구(51)를 통해 펌프실(A1)에 이송 유체가 도입되어, 토출구를 통해 이송 유체가 토출된다.

#### [실시형태의 효과]

[0039] 여기에서 앞서 설명한 바와 같이 로터(20)의 자기 베어링(10)에 의한 위치 및 경사의 복원력은, 베어링 스테이터 부재(12)의 개방단(제3 부분(17c))의 Z축 방향의 길이 L2가 베어링 로터 부재(11)의 Z축 방향의 길이 L3과 대략 동일하고, 또한 베어링 로터 부재(11)의 Z축 방향의 길이 L3이 짧을수록 커진다. 이러한 점에서 본 실시형태에 관한 자기 베어링(10)에 의하면 도 19에 도시한 종래의 C자형 코어(304)에 비해 개방단의 베어링 로터 부재(11)에 대향하는 부분(제3 부분(17c))의 Z축 방향의 길이 L2를 짧게 할 수 있으므로, 코일(18)의 감김 수 N을 유지하면서 베어링 로터 부재(11)의 Z축 방향의 길이 L3을 종래의 것보다 짧게 할 수 있다. 이로써 충분한 복원력을 확보할 수 있다. 또한 영구 자석(13)의 흡인력을 최대로 하기 위해서는, 코어(17)의 제3 부분(17c) 간의 거리 L1과 영구 자석(13)의 Z축 방향의 높이가 대략 동일하고, 또한 코어(17)의 각 제3 부분(17c)(돌극)의 Z축 방향의 폭이 요크(14, 15)의 Z축 방향의 두께와 대략 동일한 것이 바람직하다.

[0040] 또한 앞서 설명한 바와 같이 자기 베어링(10)의 응답성을 높이기 위해서는, 코일(18)의 인덕턴스를 매우 작게 할 것이 필요하다. 이러한 점에서 본 실시형태에 관한 자기 베어링(10)에 의하면 코어(17)의 코일(18)이 감기는 제1 부분(17a)의 길이 L4를 충분히 확보할 수 있으므로, 코일(18)의 Z축 방향의 길이 1을 길게, 또한 코일(18)의 단면적 S를 작게 할 수 있다. 이로써 코일(18)의 인덕턴스를 억제하여 응답성을 향상시킬 수 있다.

[0041] 또한 도 4에 도시된 바와 같이 베어링 로터 부재(11)의 외주면은 곡면으로 구성되어 있지만, 코어(17)의 자극면(17d)은 평면으로 형성되어 있다. 구체적으로는, 자극면(17d)은 X축 방향 또는 Y축 방향 및 Z축 방향으로 뺀어 있는 동일 평면 상에 형성되어 있다.

[0042] 일반적으로 코어(17)의 자극면(17d)이 베어링 로터 부재(11)의 외주면을 따르는 곡면으로 구성되어 있는 경우에는, 자극면(17d)의 둘레 방향의 단부에 자장의 자속  $\phi$ 이 집중하게 된다. 이에 비해 자극면(17d)이 평면으로 형성되어 있으면, 상기와 같은 자속  $\phi$ 의 집중을 방지하는 것이 가능해진다.

#### [제2 실시형태]

##### [구동 장치의 다른 구성]

[0045] 도 5는, 제2 실시형태에 관한 구동 장치(90A)의 전체 구성을 개략적으로 도시한 상면도이다. 여기에서, 도 5를 포함하는 이후의 설명에 있어서는 제1 실시형태와 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 부호를 붙이고 있으므로, 이하에서는 중복되는 설명은 생략한다.

[0046] 즉, 도 5에 도시된 바와 같이 제2 실시형태에 관한 구동 장치(90A)는, 자기 베어링(10)이, 베어링 로터 부재(11)에 대해 X축 방향, Y축 방향 및 경사 45° 방향의 각각의 방향과 대향하는 8개의 베어링 스테이터 부재(12x, 12y, 12xy, 12yx)를 구비하고 있는 점이 제1 실시형태의 구동 장치(90)와는 다르다.

[0047] 이 제2 실시형태에 의하면 래디얼 방향의 제어를 보다 고정밀도로 실시하는 것이 가능해진다.

[0048] 또한 베어링 스테이터 부재(12)의 수는 이로 한정되지 않으며, 6개, 10개, 12개, 16개 등 다양한 형태를 채용할 수 있다.

#### [제3 실시형태]

##### [자기 베어링의 다른 구성]

[0051] 도 6은, 제3 실시형태에 관한 자기 베어링(10A)을 개략적으로 도시한 사시도이며, 도 7은 도 6의 A-A'선 단면도이다.

[0052] 도 6 및 도 7에 도시된 바와 같이 제3 실시형태에 관한 자기 베어링(10A)은, 로터(20)의 베어링 로터 부재(11a)가, 예를 들면 원환형의 전자 연철만으로 구성되어 있는 점이 영구 자석(13) 및 전자 연철의 요크(14, 15)에 의해 구성된 베어링 로터 부재(11)를 갖는 자기 베어링(10)과 다르다.

- [0053] [제4 실시형태]
- [0054] [자기 베어링의 또 다른 구성]
- [0055] 도 8은, 본 발명의 제4 실시형태에 관한 자기 베어링(10B)을 개략적으로 도시한 사시도이며, 도 9는 도 8의 B-B'선 단면도, 도 10은 자기 베어링(10B)의 베어링 로터 부재(11b)를 개략적으로 도시한 사시도이다.
- [0056] 도 8 및 도 9에 도시된 바와 같이 제4 실시형태에 관한 자기 베어링(10B)은, 베어링 로터 부재(11b)가, 예를 들면 원환형의 영구 자석(13a)만으로 구성되어 있는 점이 전자 연철만으로 구성된 베어링 로터 부재(11a)를 갖는 자기 베어링(10A)과 다르다.
- [0057] 또한 영구 자석(13a)은, 도 10에 도시된 바와 같이 N극 및 S극이 둘레 방향 및 축 방향으로 교대로 배치되도록 래디얼 방향으로 착자되어 이른바 4극 자석이 되도록 구성되어 있다. 이러한 구성으로 하면 자기 베어링(10)의 베어링 스테이터 부재(12)의 코일(18)이 구동 기구(30)의 모터 스테이터(32)의 모터 코일(34)을 겹하는 구성으로 할 수 있으므로, 구동 기구(30)를 생략하는 것이 가능해진다.
- [0058] [제5 실시형태]
- [0059] [베어링 로터 부재의 다른 구성]
- [0060] 도 11은, 본 발명의 제5 실시형태에 관한 베어링 로터 부재(11c)를 개략적으로 도시한 사시도이다.
- [0061] 도 11에 도시된 바와 같이 제5 실시형태에 관한 베어링 로터 부재(11c)는, 상기 설명한 베어링 로터 부재(11b)와 마찬가지로 영구 자석(13b)만으로 구성되어 있지만, 둘레 방향을 따라  $45^\circ$  마다 N극 및 S극의 자극이 축 방향으로 바뀌는, 이른바 8극 자석이 되도록 구성되어 있는 점이 이른바 4극 자석이 되도록 구성된 제4 실시형태와 다르다. 이와 같이 하면 상기 제4 실시형태와 동일한 작용 효과를 나타낼 수 있다.
- [0062] [제6 실시형태]
- [0063] [베어링 로터 부재의 또 다른 구성]
- [0064] 도 12는, 본 발명의 제6 실시형태에 관한 베어링 로터 부재(11d)를 구비한 자기 베어링(10C)을 개략적으로 도시한 종단면도이며, 도 13은 도 12의 베어링 로터 부재(11d)를 개략적으로 도시한 사시도이다.
- [0065] 도 12에 도시된 바와 같이 제6 실시형태에 관한 자기 베어링(10C)은, 베어링 로터 부재(11d)가, 제4 실시형태의 4극의 영구 자석(13a)의 축 방향 양측에 전자 연철로 이루어지는 요크(14, 15)를 배치하고 있다. 이와 같이 하면 영구 자석(13a)의 자속  $\Phi$ 을 요크(14, 15)에 집중시킬 수 있으므로, 요크(14, 15)가 없는 경우에 비해 자기 베어링(10C) 자체의 자기 보지력을 높일 수 있음과 함께, 상기 제4 및 제5 실시형태와 마찬가지로, 구동 기구(30)를 생략하는 구성으로 할 수 있다.
- [0066] 또한 상기 설명한 실시형태에서는 4극 자석을 사용했지만, 자극의 수는 예시한 것으로 한정되는 것은 아니다.
- [0067] [제7 실시형태]
- [0068] [자기 베어링의 또 다른 구성]
- [0069] 도 14는, 본 발명의 제7 실시형태에 관한 자기 베어링(10D)을 개략적으로 도시한 상면도이다.
- [0070] 상기 설명한 제1~제6 실시형태의 자기 베어링(10, 10A~10C)은, 베어링 스테이터 부재(12)를 베어링 로터 부재(11, 11a~11d)의 래디얼 방향의 외측에 배치했지만, 제7 실시형태는, 베어링 스테이터 부재(12)를 베어링 로터 부재(11e)의 스러스트 방향의 일방의 측에 배치한 예이다.
- [0071] 도 14에 도시된 바와 같이 제7 실시형태에 관한 자기 베어링(10D)에 있어서는, 베어링 로터 부재(11e)가, 환형의 영구 자석(13c)과, 이 영구 자석(13c)의 외주측과 내주측에 각각 배치되어 영구 자석(13c)을 래디얼 방향으로 협조하는 전자 연철로 형성된 요크(14a, 15a)에 의해 구성되어 있다. 영구 자석(13c)은 래디얼 방향으로 착자되어 있다. 이 영구 자석(13c)에 의한 바이어스 자속으로, 외측 요크(14a)의 축 방향 단면과 내측 요크(15a)의 축 방향 단면에 각각 자극이 나타나게 되어 있다. 이를 요크(14a, 15a)의 자극면이, 베어링 스테이터 부재(12)의 코어(17)의 개방단에 위치하는 자극면(17d)과 대향하도록, 베어링 스테이터 부재(12)는 베어링 로터 부재(11e)의 스러스트 방향의 일방의 측에 배치된다. 이 예에서는 베어링 로터 부재(11e)의 축 방향의 일방의 단면을 따라, 둘레 방향의 4개소에  $90^\circ$ 의 간격으로 4개의 베어링 스테이터 부재(12x, 12y)가 배치되어 있다. 이 실시형태에서는, 베어링 로터 부재(11e)와의 대향 방향과 직교하는 제1 방향이, X축 방향의 변위를 제어하는 베

어링 스테이터 부재(12x)에서는 X축 방향, Y축 방향의 변위를 제어하는 베어링 스테이터 부재(12y)에서는 Y축 방향이 된다. 그리고 코일(18)이 감기는 제1 부분(17a)이 X축 방향 또는 Y축 방향을 따라 뻗어 있다.

[0072] 이러한 구성의 자기 베어링(10D)에 의하면 베어링 로터 부재(11e)와 베어링 스테이터 부재(12)가 영구 자석(13c)으로부터의 자속  $\Phi$ 의 루프에 의해 스러스트 방향으로 자기 커플링된다. 베어링 스테이터 부재(12)는 C자형의 코어와 동일한 감김 수 조건하에 있어서, 상기 설명한 바와 같이 코어(17)가 코일(18)의 단면적 S를 작게 하면서 코일(18)의 길이 1을 길게 할 수 있는 구조를 채용하므로, 로터(20)의 복원력을 강하게 하여 응답성을 높일 수 있다.

[0073] [제8 실시형태]

[0074] [자기 베어링의 또 다른 구성]

도 15는, 본 발명의 제8 실시형태에 관한 자기 베어링(10E)을 개략적으로 도시한 종단면도이다.

[0076] 도 15에 도시된 바와 같이 제8 실시형태에 관한 자기 베어링(10E)은, 베어링 로터 부재(11e)의 스러스트 방향의 양측에 베어링 스테이터 부재(12)를 배치한 예를 나타내고 있다.

[0077] 이러한 구성의 자기 베어링(10E)에 의하면 베어링 로터 부재(11e)와 베어링 스테이터 부재(12)가 영구 자석(13c)으로부터의 자속  $\Phi$ 의 루프에 의해 스러스트 방향의 양측으로부터 자기 커플링된다. 따라서 자기 베어링(10D)과 비교하여 로터(20)의 복원력을 보다 강하게 해 자기 보지력을 보다 높이는 것이 가능해진다.

[0078] [제9 실시형태]

[0079] [자기 베어링의 또 다른 구성]

도 16은, 본 발명의 제9 실시형태에 관한 자기 베어링(10F)을 개략적으로 도시한 상면도이다.

[0081] 상기 설명한 제7 실시형태의 자기 베어링(10D)은, 베어링 스테이터 부재(12)가 X축 방향에 2개, Y축 방향에 2개 합계 4개였다. 이에 비해 도 16에 도시된 바와 같이 본 실시형태의 자기 베어링(10F)은, 이 베어링 스테이터 부재(12)들을 베어링 로터 부재(11e)의 Z축 방향 단면을 따라 둘레 방향으로 8개 배치하고 있다. 이와 같이 구성된 자기 베어링(10F)에 의하면 자기 베어링(10D)에 비해 로터(20)의 자기력에 의한 지지를 보다 강력하고 또한 고정밀도로 실시하는 것이 가능해진다.

[0082] 또한 베어링 스테이터 부재(12)의 수는 이것으로 한정되지 않으며, 6개, 10개, 12개, 16개 등 다양한 형태를 채용할 수 있다.

[0083] [제10 실시형태]

[0084] [자기 베어링 및 구동 장치의 다른 구성]

[0085] 도 17은, 본 발명의 제10 실시형태에 관한 자기 베어링(110) 및 이것을 구비한 마그넷 펌프(100A)의 전체 구성을 일부를 생략하여 개략적으로 도시한 종단면도이다. 도 18은, 도 17의 C-C'선 단면도이다.

[0086] 도 17 및 도 18에 도시된 바와 같이 제10 실시형태에 관한 마그넷 펌프(100A)는, 제1 실시형태의 펌프(100)와 동일한 구성을 구비하는데, 예를 들면 유체 이송용의 마그넷 펌프(100A)이다. 이 마그넷 펌프(100A)는 자기 베어링(110) 외에 자기 커플링형의 구동 기구(130)를 구비한다.

[0087] 이 마그넷 펌프(100A)는 전체가 원통형으로 형성되며, 축 방향의 일방에 프론트 케이싱(141)을 갖는다. 프론트 케이싱(141)은, 내부에 펌프실(A1)을 형성하며, 전방 중앙에 원통형의 흡입구(151)를 갖고, 측면에 토출구(152)를 갖는다. 프론트 케이싱(141)의 후단에는 리어 케이싱(142)이 접속되어 있다. 리어 케이싱(142)은 프론트 케이싱(141)과 함께 펌프실(A1)을 포함하는 밀폐 공간(A)을 형성한다. 또한 리어 케이싱(142)은 후방으로 돌출된 환형 공간(A2)을 형성한다. 이 리어 케이싱(142)의 외주를 덮도록 원통형의 브래킷(143)이 마련되어 있다.

[0088] 밀폐 공간(A)에는 로터(120)가 수용된다. 로터(120)는 축 방향의 전방에 임펠러(122), 후방에 환형의 베어링/구동부(121)를 갖는다. 임펠러(122)는 펌프실(A1)에 수용되어, 펌프실(A1)과 함께 펌프 기구를 구성한다. 베어링/구동부(121)는 환형 공간(A2)에 수용된다. 로터(120)의 베어링/구동부(121)의 외주 측에는 로터(120)를 자기력에 의해 지지하는 자기 베어링(110)이 마련되어 있다. 또한 로터(120)의 베어링/구동부(121)의 내주 측에는 로터(120)를 구동하는 구동 기구(130)가 마련되어 있다.

[0089] 자기 베어링(110)은 로터(120)의 베어링/구동부(121)의 외주 측에 장착된 환형의 자성 재료로 이루어지는 베어

링 로터 부재(111)와, 이 베어링 로터 부재(111)의 래디얼 방향의 외측에, 베어링 로터 부재(111)와 소정의 간격을 갖고 배치된 베어링 스테이터 부재(112)를 갖는다. 베어링 스테이터 부재(112)는 리어 케이싱(142)과 요크 베이스(144)의 사이에 장착되어 있다.

[0090] 베어링 로터 부재(111)는, 예를 들면 원환형으로 성형된 네오디뮴 자석으로 이루어지는 영구 자석(113)과, 이 영구 자석(113)과 동심으로, 스러스트 방향(Z축 방향)에 끼워 넣도록 배치된 원환형의 전자 연철로 이루어지는 요크(114, 115)를 갖는다. 영구 자석(113)은, 예를 들면 스러스트 방향으로 N극 및 S극이 대향하고 또한 둘레 방향 전체둘레에 걸쳐 동극이 되도록 착자되어 있다.

[0091] 베어링 스테이터 부재(112)는, 이 실시형태에서는 도 18에 도시된 바와 같이 베어링 로터 부재(111)의 둘레 방향의 4개소에  $90^\circ$  의 각도를 갖고 배치되어 있다. 요크 베이스(144)에는, 베어링 로터 부재(111)의 래디얼 방향, 스러스트 방향 및 각 회전 방향의 변위를 검지하는 변위 센서(116)가, 베어링 스테이터 부재(112)와 각각  $45^\circ$  의 각도를 이루도록 복수(여기에서는 4개) 배치되어 있다. 변위 센서(116)는, 예를 들면 와전류식의 센서를 들 수 있지만 이것으로 한정되지 않으며, 다양한 센서를 채용할 수 있다.

[0092] 베어링 스테이터 부재(112)는, 예를 들면 적층 전자강판 등의 자성 재료로 이루어지는 코어(117)와, 이 코어(117)에 감긴 코일(118)을 갖는다. 코어(117)의 종단면 형상은 베어링 로터 부재(111) 측을 개방단으로 하는 대략 C자형이며, 코일(118)의 감김 부분의 축 방향 길이보다 개방단의 선단 사이의 거리가 짧다. 코어(117)의 종단면 형상의 상세에 대해서는, 제1 실시형태와 동일하므로 설명을 생략한다.

[0093] 구동 기구(130)는, 로터(120)의 베어링/구동부(121)의 내주 측에 장착된 환형의 종동 부재로서의 종동 마그넷(131)과, 이 종동 마그넷(131)의 내측에, 종동 마그넷(131)과 소정의 간격을 갖고 배치된 구동부로서의 구동 마그넷(132)과, 이 구동 마그넷(132)을 선단부에 장착하고 베어링(135)에 의해 회전 가능하게 지지된 모터축(133)과, 이 모터축(133)을 회전 구동하는 모터(134)를 갖는다. 이 예에서는 종동 마그넷(131) 및 구동 마그넷(132)이, 예를 들면 래디얼 방향 2극 또는 4극에 착자된 네오디뮴 자석으로 구성되어 있다. 이 예에서는 구동 마그넷(132)과 모터축(133)이 대략 동일한 지름으로 나타나 있지만, 양자는 동일한 지름이 아니어도 된다.

[0094] 이와 같이 구성된 마그넷 펌프(100A)에서는, 모터(134)가 모터축(133)을 회전시키는 것에 의해 구동 마그넷(132)이 회전하고, 이 구동 마그넷(132)의 자기력에 의해 종동 마그넷(131)이 종동하여 로터(120), 즉 임펠러(122)가 비접촉으로 회전한다. 자기 베어링(110)은, 제1 실시형태의 자기 베어링(10)과 마찬가지로, 래디얼 방향, 스러스트 방향 및 2개의 래디얼 회전축 방향의 5자유도를 제어한다. 따라서 이 실시형태에 의해서도 로터(120)의 복원력 및 응답성을 높이는 것이 가능해진다.

[0095] [제11 실시형태]

[자기 베어링의 다른 구성]

[0097] 도 19는, 제11 실시형태에 관한 자기 베어링(110A)을 개략적으로 도시한 종단면도이다. 도 19에 도시된 바와 같이 제11 실시형태에 관한 자기 베어링(110A)은, 베어링 로터 부재(171)의 구성이, 제10 실시형태에 관한 자기 베어링(110)의 베어링 로터 부재(111)와 다르다.

[0098] 즉, 베어링 로터 부재(171)는, 예를 들면, 원환형의 영구 자석(113)과, 이 영구 자석(113)과 동심으로, 영구 자석(113)을 스러스트 방향(Z축 방향)의 양측으로부터 끼우도록 배치된 원환형의 한 쌍의 요크(174, 175)를 갖는다. 본 실시형태에서는, 한 쌍의 요크(174, 175)의 종단면 형상이, 베어링 스테이터 부재(112) 측을 개방단으로 하고 Z축 방향의 한가운데가 토막토막 끊긴 대략 그자형으로 되어 있다.

[0099] 구체적으로는, 도 19에 도시된 바와 같이 한 쌍의 요크(174, 175)의 종단면 형상은 영구 자석(113)의 제1 방향(여기에서는 Z축 방향)의 양단면을 덮도록 Z축 방향과 직교하는 제2 방향(여기에서는 래디얼 방향(X축 방향))으로 뻗어 있는 제4 부분(174a, 175a)과, 이 제4 부분(174a, 175a)의 베어링 스테이터 부재(112)와 반대측의 단부로부터 Z축 방향과 서로 가까워지는 방향으로 뻗어 있는 한 쌍의 제5 부분(174b, 175b)을 갖고 있다. 제4 부분(174a, 175a)의 내주부는 영구 자석(113)의 내주부보다 내측으로 돌출되어 있다. 제5 부분(174b, 175b)과 영구 자석(113)의 사이에는 제1 간극(g1)이 형성되어 있다. 또한 이들 한 쌍의 제5 부분(174b, 175b)의 대향하는 선단부 간에는 제2 간극(g2)이 형성되어 있다.

[0100] 이러한 형상이면, 제1 간극(g1)에 의해 영구 자석(113)의 양 자극이 제5 부분(174b, 175b)에 너무 가까워지는 것을 방지할 수 있으므로, 영구 자석(113)에 의한 바이어스 자속  $\Phi_b$ 를 베어링 스테이터 부재(112)에 안정적으로 공급할 수 있다. 또한 자기저항이 큰 영구 자석(113)과 병렬로 자기저항이 작은 제5 부분(174b, 175b)에 의

한 자기 회로가 형성되므로, 코일(118)에 의해 발생하는 제어 자속  $\phi_c$ 를 최대한 손실 없이 베어링 로터 부재(171)를 통과시키는 것이 가능해진다. 단, 제2 간극(g2)이 없으면 영구 자석(113)의 양 자극이 제5 부분(174b, 175b)을 통해 단락(短絡)하게 되므로, 바이어스 자속  $\phi_b$ 의 베어링 스테이터 부재(112) 측으로의 안정적인 공급과, 제어 자속  $\phi_c$ 가 지나는 자기 회로의 자기저항의 밸런스를 고려하여 제2 간극(g2)의 폭을 적절히 설정하는 것이 바람직하다.

[0101] 본 실시형태의 자기 베어링(110A)은, 도 15에 도시된 제8 실시형태에 적용할 수도 있다. 또한 자기 베어링(110A)은, 도 20에 도시된 일반적인 그자형의 코어를 갖는 베어링 스테이터 부재와 조합해도 되는데, 특히 제1 부분(17a)~제3 부분(17c)을 갖는 상기 설명한 베어링 스테이터 부재(112)(베어링 스테이터 부재(12))와 조합함으로써, 예를 들면, 상기 마그넷 펨프(100A)에 적용한 경우, 그 운전 상황에 따른 로터(120)의 회전 제어를 높은 정밀도로 실시하는 것이 가능해진다. 또한 마그넷 펨프(100A)에 적용하는 경우 등, 베어링 로터 부재(171)의 내주 측에는, 도시하지 않은 구동 마그넷에 종동하는 종동 마그넷(131)이 비자성체(131A)에 의해 래디얼 방향으로 끼워 넣어진 상태로 배치된다.

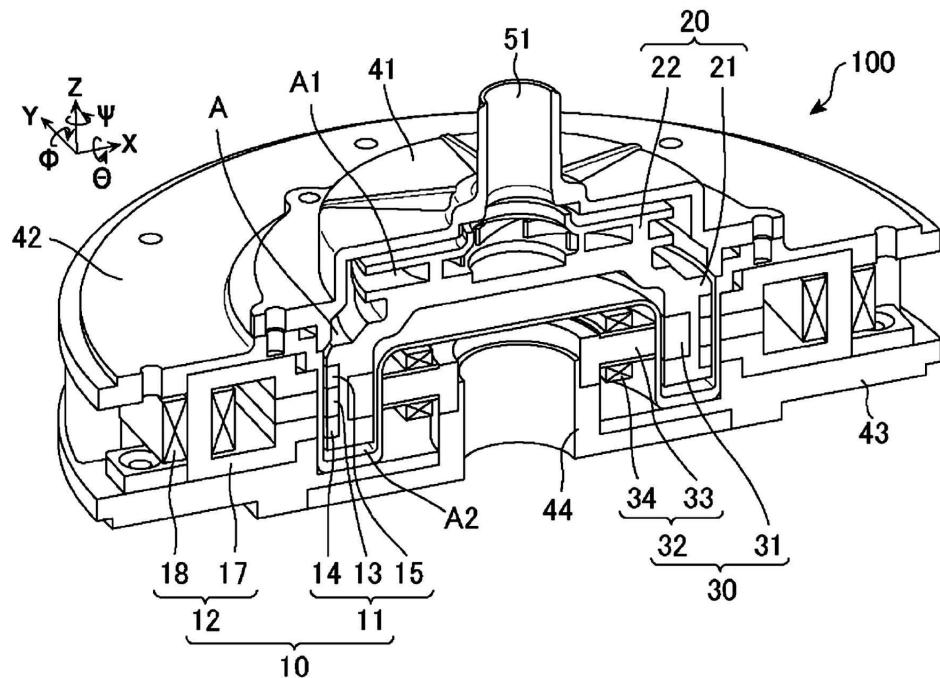
[0102] 이상으로 본 발명의 몇 가지 실시형태를 설명했지만, 이러한 실시형태들은 예로서 제시한 것이며, 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 이러한 새로운 실시형태들은 기타 다양한 형태로 실시될 수 있고, 발명의 요지를 벗어나지 않는 범위에서 다양한 생략, 치환, 변경을 할 수 있다. 이러한 실시형태들이나 그 변형은 발명의 범위나 요지에 포함됨과 함께, 청구범위에 기재된 발명과 그 균등 범위에 포함된다.

### 부호의 설명

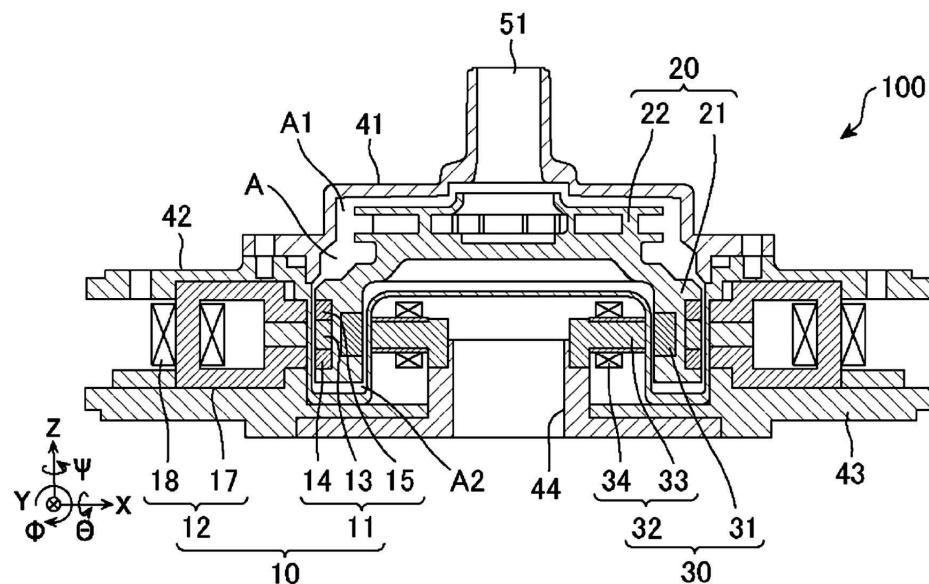
10	자기 베어링
11	베어링 로터 부재
12	베어링 스테이터 부재
13	영구 자석
14, 15	요크
16	변위 센서
17	코어
17a	제1 부분
17b	제2 부분
17c	제3 부분
18	코일
20	로터
30	구동 기구
90	구동 장치
100	펌프

## 도면

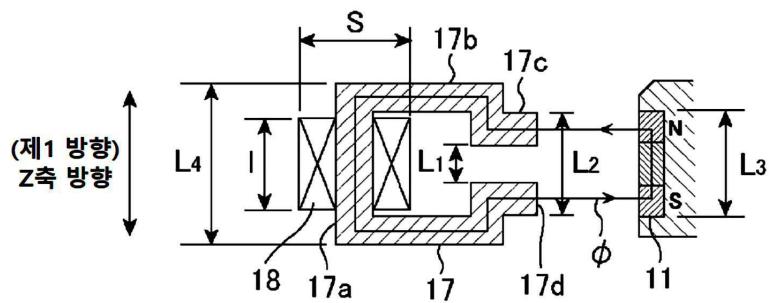
## 도면1



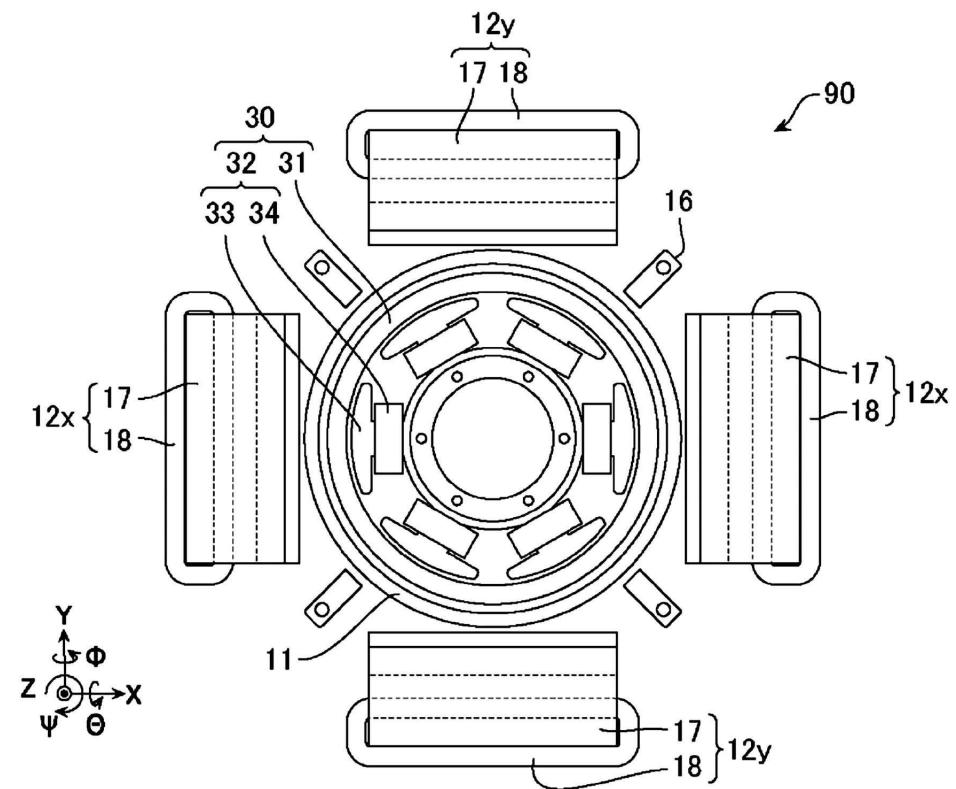
## 도면2



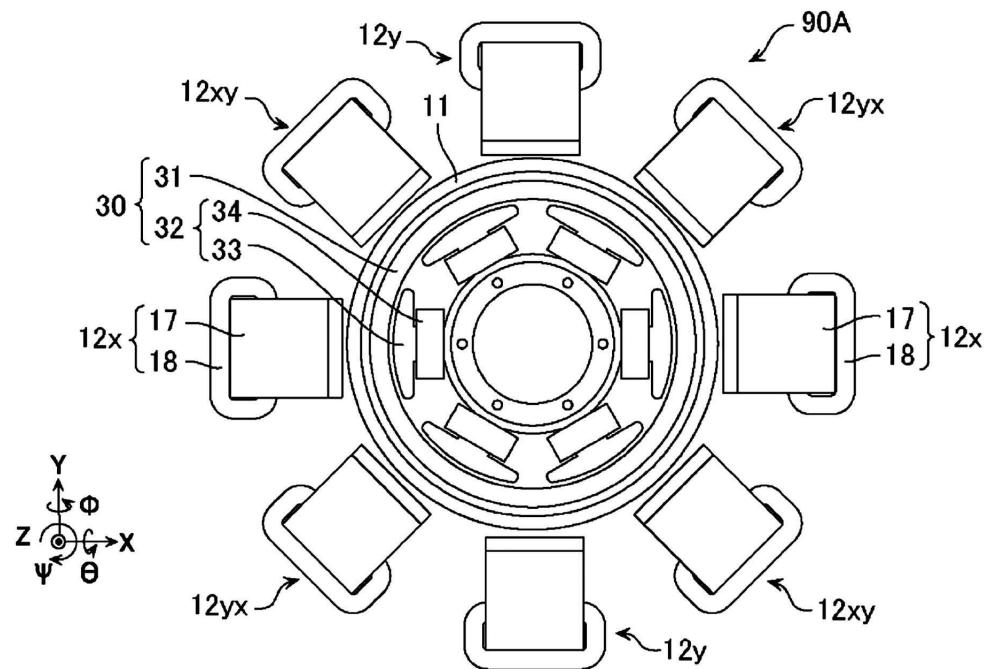
## 도면3



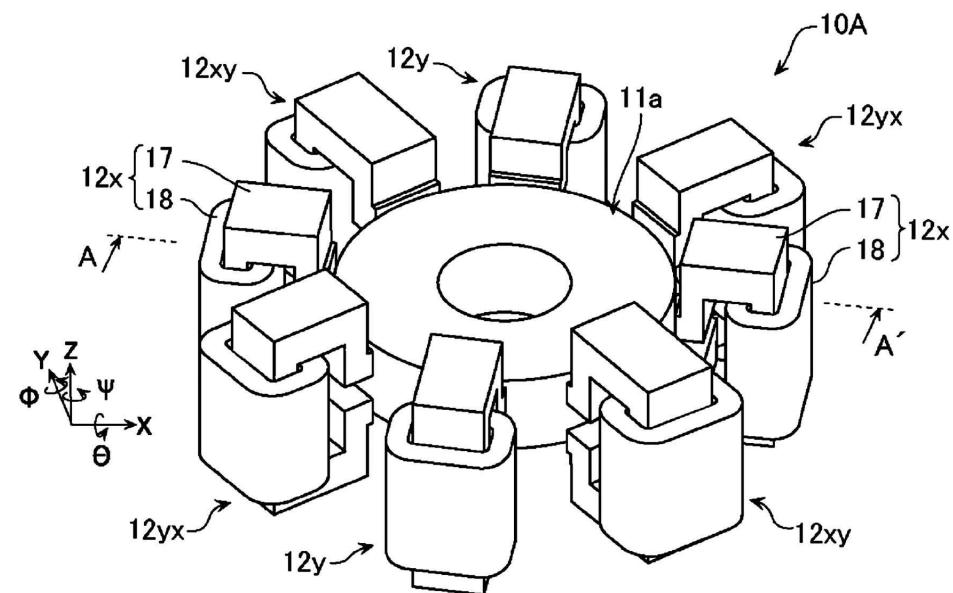
## 도면4



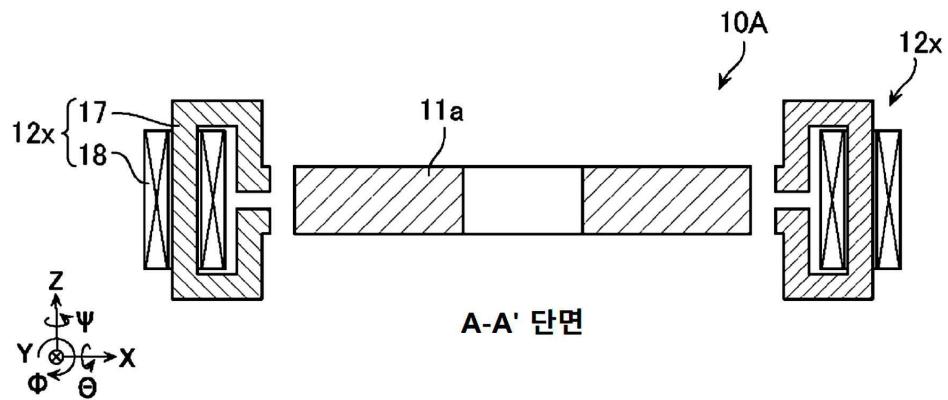
도면5



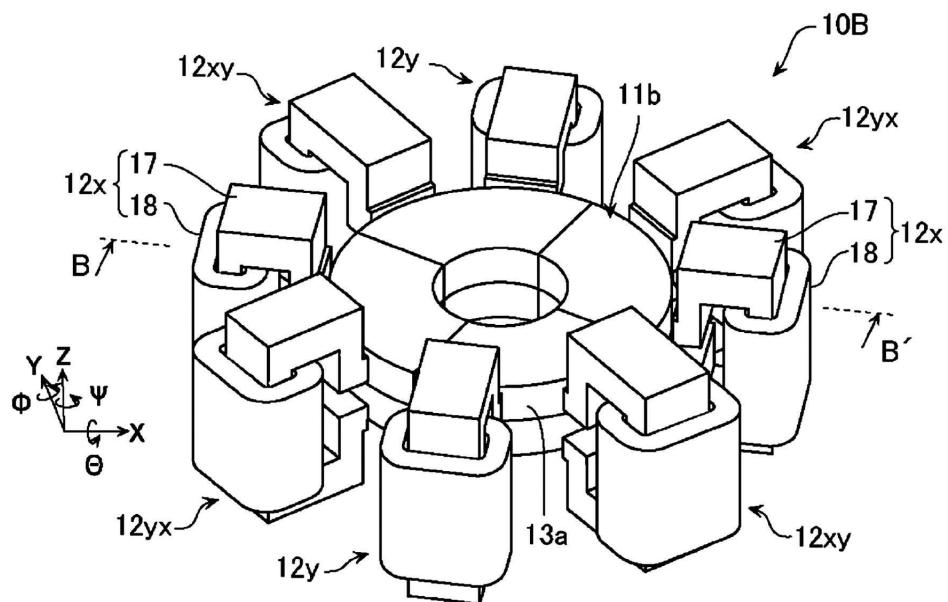
도면6



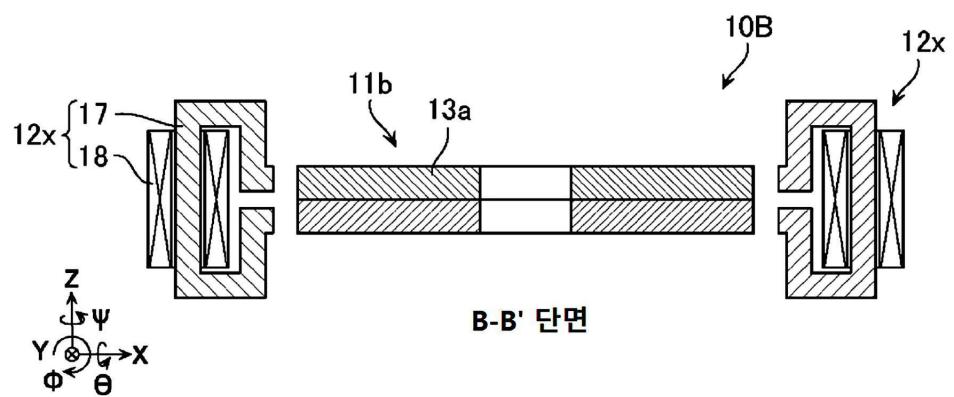
도면7



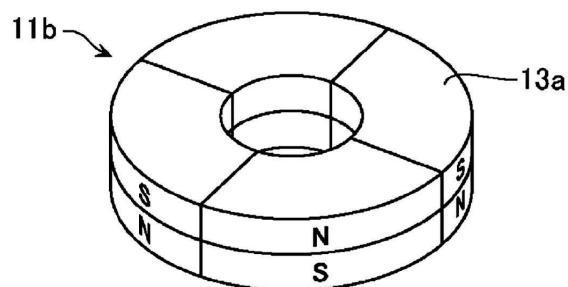
도면8



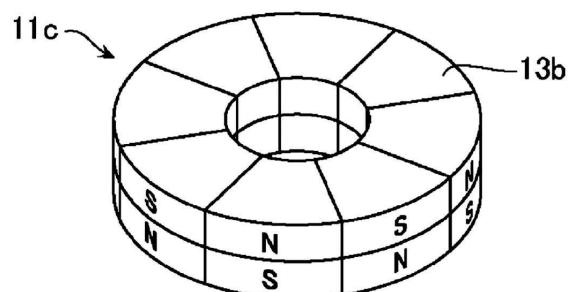
도면9



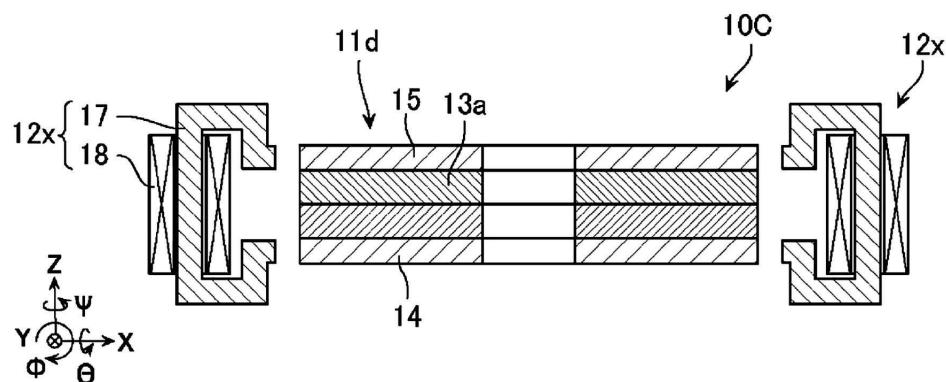
도면10



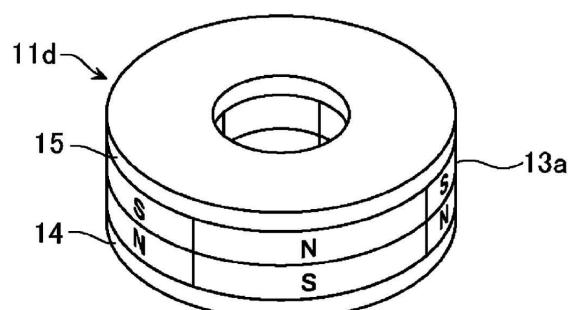
도면11



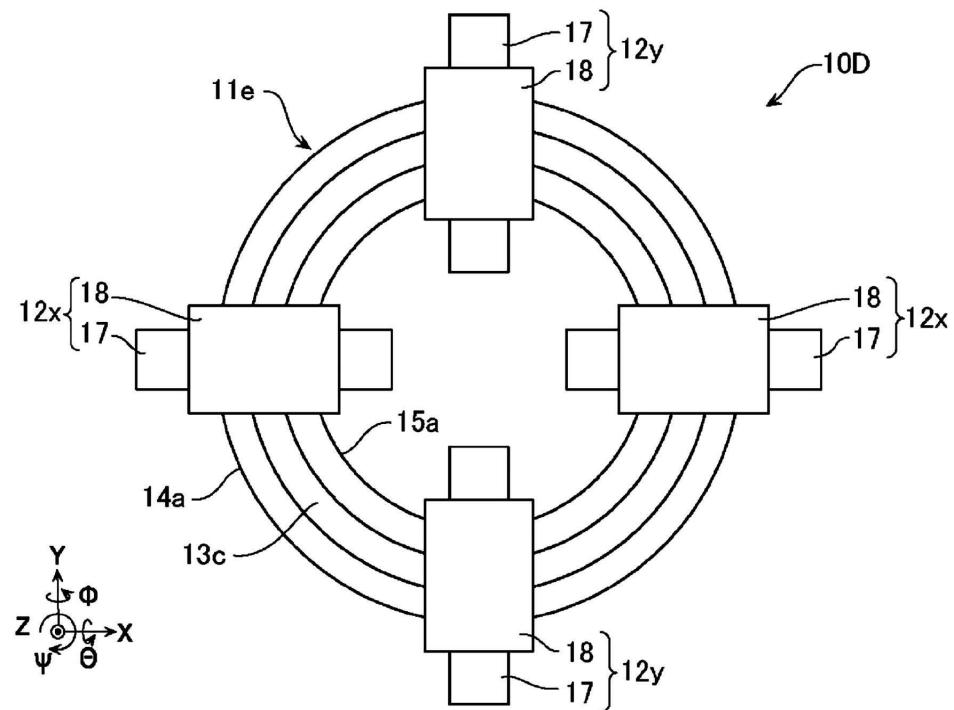
도면12



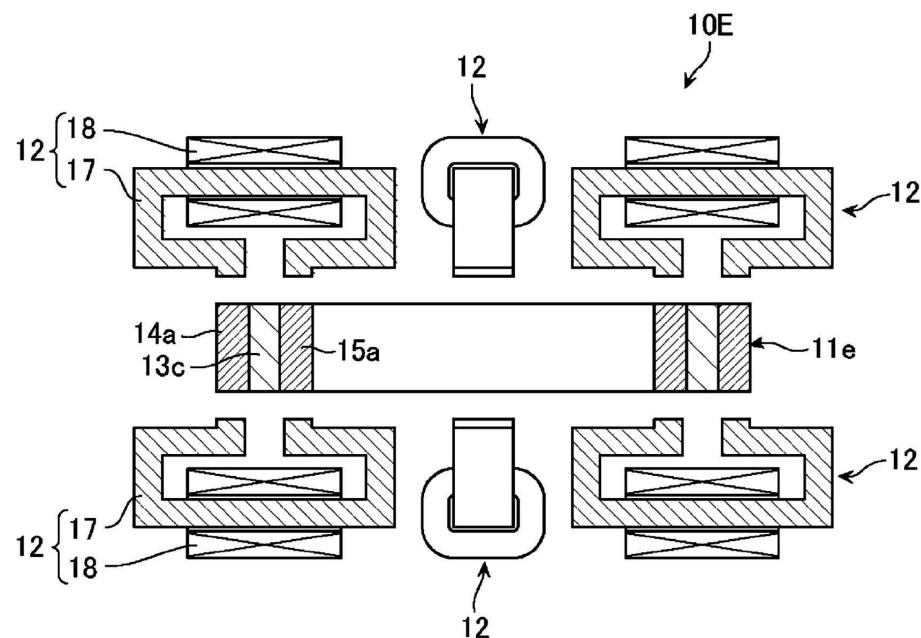
도면13



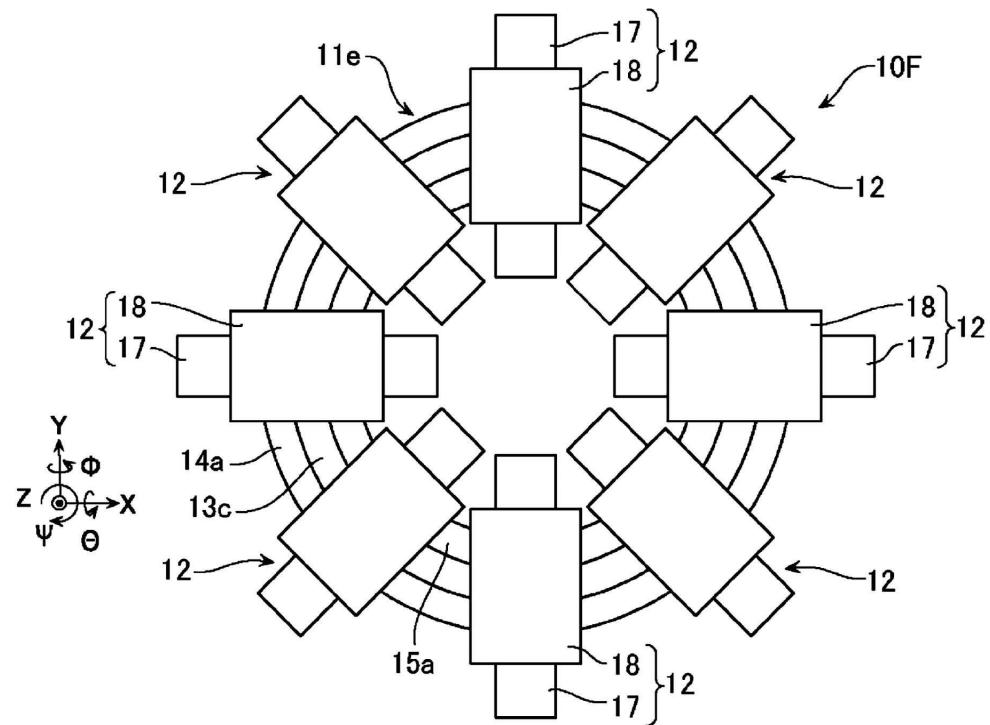
도면14



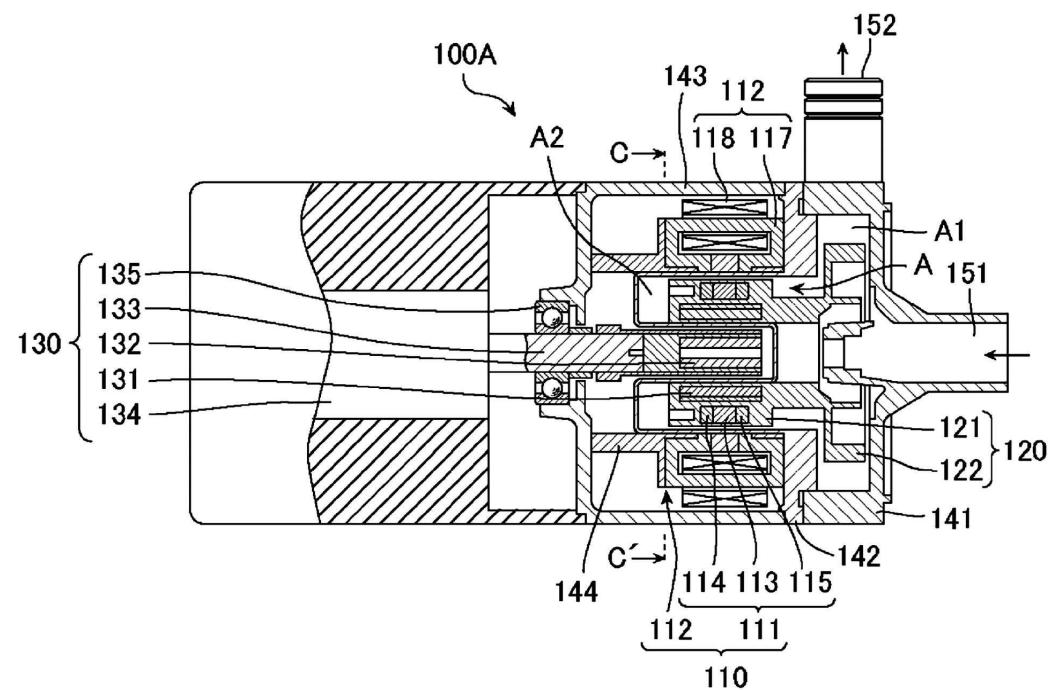
도면15



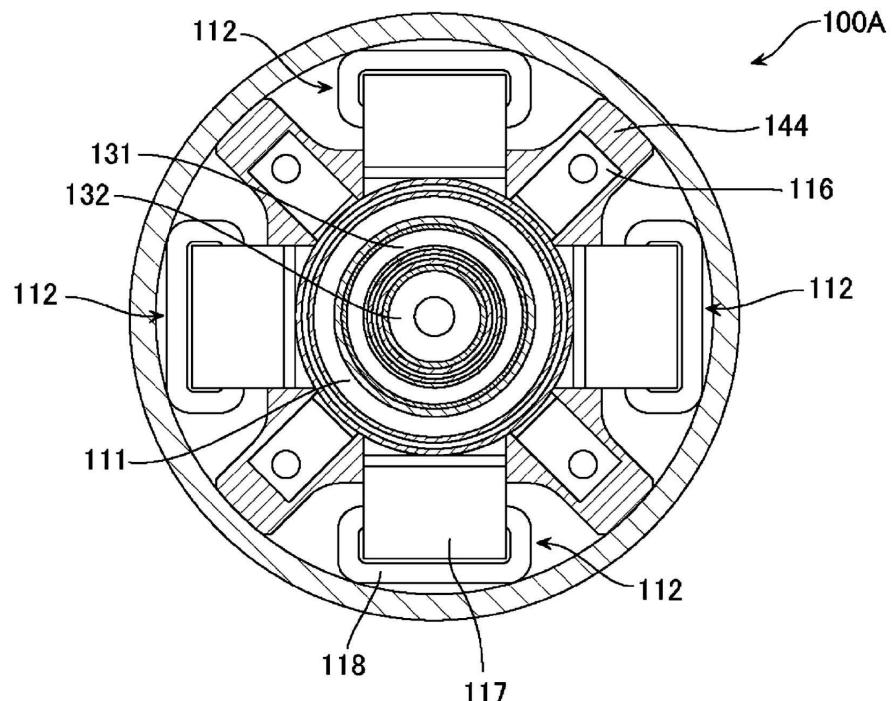
도면16



도면17

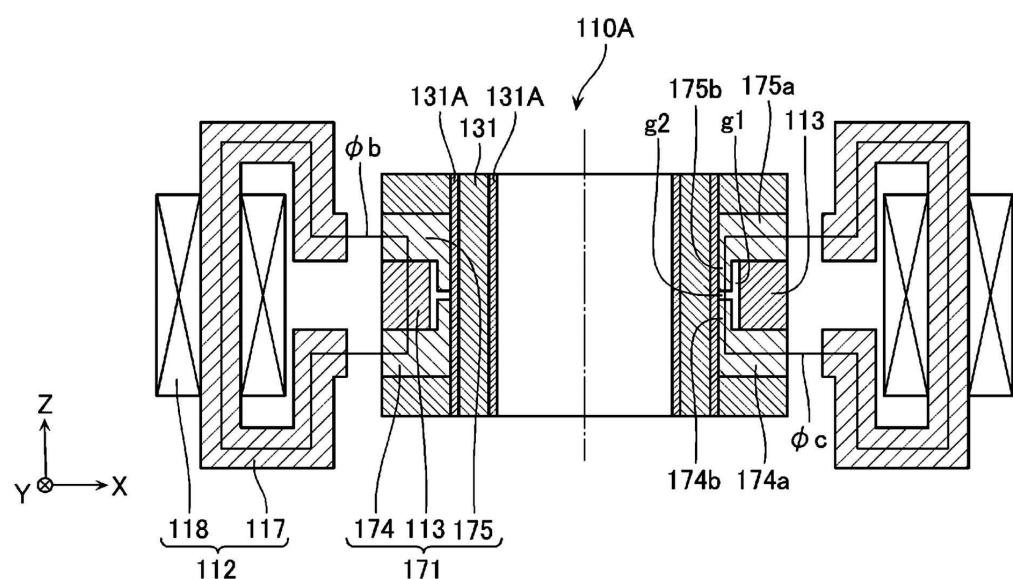


도면18



C-C' 단면

도면19



도면20

