



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년03월12일
 (11) 등록번호 10-1372807
 (24) 등록일자 2014년03월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B64G 1/24 (2006.01) **G05D 1/08** (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-0081146
 (22) 출원일자 2012년07월25일
 심사청구일자 2012년07월25일
 (65) 공개번호 10-2014-0014634
 (43) 공개일자 2014년02월06일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2008080888 A*
 KR1020060007806 A*
 US3517562 A*
 KR1020090116690 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국항공우주연구원
 대전광역시 유성구 과학로 169-84 (어은동)
 (72) 발명자
김대관
 대전 유성구 어은로 57, 115동 1506호 (어은동, 한빛아파트)
윤형주
 대전 서구 둔산로 201, 103동 611호 (둔산동, 국화아파트)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
김중관, 박창희, 권오식

전체 청구항 수 : 총 3 항

심사관 : 조병규

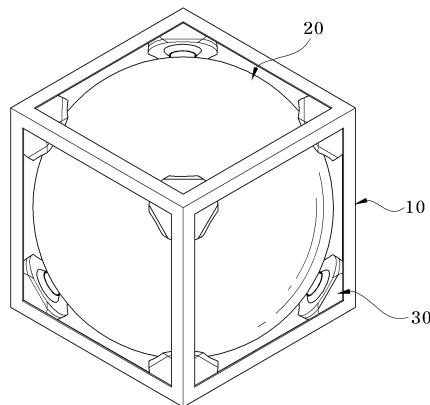
(54) 발명의 명칭 **3차원 구체 구동시스템**

(57) 요약

본 발명은 3차원 구체 구동시스템에 관한 것으로, 다면체 형상의 지지프레임(10)과; 상기 지지프레임(10)의 내부 중앙에 위치되는 구체(20)와; 상기 지지프레임(10)의 내측 모서리에 설치되며, 상기 구체(20)의 표면과 접촉되는 복수의 볼베어링(30)과; 상기 볼베어링(30)의 주위에 배치되어 자기장을 형성함으로써 상기 구체(20)를 회전시키는 복수의 전자석(40)과; 상기 전자석(40)을 제어함으로써 상기 구체(20)의 회전방향과 회전속도를 제어하는 제어부(50)로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

본 발명은 위성체의 자세제어 장치의 내부에 설치되는 구체가 복수 개의 볼베어링에 의해 지지되기 때문에 구체를 공중에 부상시키기 위한 자기부상 장치를 설치할 필요가 없고, 또한 진동 등에 의해서도 구체의 위치가 그대로 유지되기 때문에 위성체의 자세를 정확하게 제어할 수 있다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

강우용

대전 서구 청사로 5, 110동 1102호 (월평동, 하나
로아파트)

김용복


대전 중구 계백로1615번길 34, 106동 1005호 (유천
동, 현대아파트)

최홍택

대전 유성구 가정로 63, 108동 1305호 (신성동, 럭
키하나아파트)

특허청구의 범위

청구항 1

단면이 "ㄱ"자, "ㄴ"자 또는 "ㄹ"자 형상의 형강을 서로 직각이 되도록 연결하여 상, 하, 좌, 우, 정, 배면이 각각 개방된 형태의 정육면체로 구성되며, 탄성복원력이 구비되도록 길이방향으로 '  '의 형상의 단면을 가지는 지지프레임(10)과;

상기 지지프레임(10)의 내부 중앙에 위치되는 구체(20)와;

볼(31)과, 상기 지지프레임(10)의 내측 모서리에 설치되며 상기 볼(31)이 안착되는 반구 형상의 홈(32A)이 형성된 베어링레이저(32)와, 상기 베어링레이저(32)의 상부에 결합되며 내부에 반구 형상의 가이드홈(33A)이 형성된 베어링케이지(33)를 포함하며, 상기 구체(20)의 표면과 접촉되는 복수의 볼베어링(30)과;

상기 볼베어링(30)의 주위에 배치되어 자기장을 형성함으로써 상기 구체(20)를 회전시키는 복수의 전자석(40) 및;

상기 전자석(40)을 제어함으로써 상기 구체(20)의 회전방향과 회전속도를 제어하는 제어부(50)를 포함하며,

상기 볼(31)은 상기 베어링레이저(32)의 홈(32A)과 상기 베어링케이지(33)의 가이드홈(33A)이 만나 이루는 홈에 구속되도록 설치되는 것을 특징으로 하는 3차원 구체 구동시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 볼(31)의 중심은 아래의 수학식 3에 의해 정해지는 지점에 위치하는 것을 특징으로 하는 3차원 구체 구동시스템.

[수학식 3]

$$X = \pm \frac{R+r}{\sqrt{(3)}}, Y = \pm \frac{R+r}{\sqrt{(3)}}, Z = \pm \frac{R+r}{\sqrt{(3)}}$$

여기서 X, Y, Z 는 볼베어링(30)의 볼(31)의 중심이 각각 위치하는 지점의 좌표값이고,

R 은 구체(20)의 반지름, r 은 볼베어링(30)의 볼(31)의 반지름이다.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 볼베어링(30)과 상기 지지프레임(10) 사이에는 진동감쇠 부재가 설치되는 것을 특징으로 하는 3차원 구체 구동시스템.

청구항 5

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 위성체의 자세를 제어하기 위해 사용되는 구체 구동시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 위성체의 자세를 3축방향으로 제어하기 위해 사용되는 구체(Rigid Ball)를 정위치에 위치되도록 함으로써 위성체의 자세를 정확하게 제어할 수 있도록 하는 3차원 구체 구동시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 지구 주위의 일정 궤도를 돌면서 필요한 정보를 취득하는 인공위성과 같은 위성체에는 주어진 궤도를 따라 임무를 수행할 수 있도록 자세제어 장치가 구비되는데, 이러한 자세제어 장치는 필요에 따라 반작용 휠이나 추력기 등에 의해 생성된 구동력을 위성체에 적정 방향으로 가함으로써 위성체의 자세를 제어하게 된다.

[0003] 위성체의 자세를 정확하고 정밀하게 제어하기 위해서는 X, Y, Z축의 3축 방향으로 각각 구동력을 가하여야 하는데, 최근에는 도 1a, 도 1b에 도시된 바와 같이 중심부에 구체를 위치시키고, 이러한 구체의 주위에 90° 간격을 두고 복수 개의 전자석을 배치하여 이 전자석에 주기적으로 전류를 인가하며, 이에 의해 구체에 회전자기장이 형성되도록 하고, 그 결과 구체에 로렌츠(Lorentz)력이 생성되어 이에 의해 3개의 축에 구동력이 동시에 가해지도록 함으로써 하나의 구동기만으로 위성체의 자세를 제어하는 방식의 구체를 이용한 위성체 자세제어 장치에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

[0004] 상기와 같은 구체를 이용한 위성체 자세제어 장치를 사용하여 위성체의 자세를 제어할 때에는 위성체 자세제어 장치의 신뢰성과 제어능력을 시험하기 위해 먼저 시뮬레이션하게 되는데, 이를 위해 자세제어 장치의 상부에 또 다른 전자석을 배치한 다음, 이 전자석에 전류를 가하여 생성된 자기장에 의해 구체가 중력에 의해 낙하되지 않고 자기 부상되어 일정한 위치에 머무르도록 하고 있다.

[0005] 그러나 위와 같은 구조의 자세제어 장치에서는 구체의 상부에 구체에 회전력을 주기위한 전자석과 구체의 자기 부상을 위한 2개의 전자석을 배치하고, 이들 2개의 전자석에 동시에 전원을 가하여 자기장을 형성하기 때문에 그 과정에서 2개의 전자석에 의해 생성된 자기장간의 간섭이 일어나 구체의 회전제어가 정확하지 않으며, 또한 구체의 자기부상 위치도 일정하게 되지 않는 등의 문제가 있어 실제로 적용하기가 곤란하다.

[0006] 이에 더하여 지상으로부터 위성체가 발사될 때에 가해지는 추진력과 위성체가 정상 궤도에 진입하기까지 받게 되는 무수한 비행 진동에 의해 구체가 정상 위치를 벗어나거나 주위에 배치된 부품과 부딪쳐 손상될 수 있고, 이 경우 위성체의 자세를 정확하게 제어하지 못하거나 또는 동작불능 상태에 이를 수도 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기와 같은 종래의 위성체 자세제어 장치가 가지는 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 자기부상 장치를 사용하지 않고도 지상에서 쉽게 시뮬레이션을 수행할 수 있도록 하고, 또한 발사 추진력과 진동 등에 의해서도 구체가 손상되지 않아 위성체의 자세를 정확하게 제어할 수 있도록 하는 3차원 구체 구동시스템을 제공하고자 하는 데에 그 목적이 있다.


과제의 해결 수단

[0008] 상기와 같은 본 발명의 목적은 3차원 구체 구동시스템을, 다면체 형상의 지지프레임과; 상기 지지프레임의 내부 중앙에 위치되는 구체와; 상기 지지프레임의 내측 모서리에 설치되며, 상기 구체의 표면과 접촉되는 복수 개의 볼베어링과; 상기 볼베어링의 주위에 배치되어 자기장을 형성함으로써 상기 구체를 회전시키는 복수 개의 전자

석과; 상기 전자석을 제어함으로써 상기 구체의 회전방향과 회전속도를 제어하는 제어부로 구성하는 것에 의해 달성된다.

[0009] 이때 상기 볼베어링은 볼과; 상기 지지프레임에 설치되며 내부에 반구형의 홈이 형성된 베어링레이서와; 상기 베어링레이서의 상부에 결합되며 내부에 반구형의 가이드홈이 형성된 베어링케이지를 포함하고, 상기 볼은 상기 베어링레이서의 홈과 상기 베어링케이지의 가이드홈이 만나 이루는 홈에 구속되도록 설치되는 것으로 실시될 수 있다.

[0010] 또한 상기 볼베어링과 상기 지지프레임 사이에는 진동감쇠 부재가 설치되는 것으로 실시될 수 있다.

[0011] 이에 더하여 상기 지지프레임은 길이방향의 단면이 '  ' 형상인 것으로 실시될 수 있다.

발명의 효과

[0012] 본 발명은 위성체의 자세를 제어하기 위해 자세제어 장치의 내부에 설치되는 구체가 복수 개의 볼베어링에 의해 지지되기 때문에 구체를 공중에 부상시키기 위한 자기부상 장치를 별도로 설치할 필요가 없다.

[0013] 또한 본 발명은 구체가 복수 개의 볼베어링에 의해 기계적으로 지지되기 때문에 진동 등에 의해서도 구체가 손상되지 않고, 또한 구체의 위치가 그대로 유지되며, 그 결과 위성체의 자세를 정확하게 제어할 수 있다.

[0014] 이에 더하여 본 발명은 볼베어링과 지지프레임 사이에 진동감쇠 부재가 설치되기 때문에 이에 의해 구체의 회전 에 따른 진동이 감쇠된다.

[0015] 그리고 본 발명은 볼베어링이 구체의 표면에 형성되는 와전류와 간섭되지 않으며, 그 결과 자기장 형성을 위해 사용되는 전자석의 배치를 용이하게 하는 동시에 구체 표면에 형성되는 유도 전류의 영향을 최소화할 수 있기 때문에 구체 구동의 정확도가 더욱 향상된다.

도면의 간단한 설명


- [0016] 도 1a와 도 1b는 종래의 구체 구동시스템을 설명하기 위한 개략도,
- 도 2는 본 발명에 따른 3차원 구체 구동시스템의 예를 보인 구성도,
- 도 3은 본 발명에 따른 3차원 구체 구동시스템의 예를 보인 사시도,
- 도 4는 본 발명에 따른 지지프레임의 예를 보인 사시도,
- 도 5는 본 발명에 따른 지지프레임의 다른 실시예를 보인 단면도,
- 도 6은 본 발명에 따른 볼베어링의 예를 보인 분리 사시도,
- 도 7은 본 발명에 따른 볼의 위치결정을 위한 예를 보인 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 도시한 첨부 도면을 통해 본 발명의 구성을 더욱 상세히 설명한다.

[0018] 본 발명은 위성체의 자세를 정확하게 제어할 수 있도록 하는 3차원 구체 구동시스템을 제공하고자 하는 것으로, 이를 위해 본 발명의 구체 구동시스템은 도 2에 도시된 바와 같이 지지프레임(10), 구체(20), 볼베어링(30), 전자석(40) 및 제어부(50)로 이루어진다.

[0019] 지지프레임(10)은 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이 내부가 빈 형태의 다면체 형상의 골조물로서, 그 내부에는 후술하는 볼베어링(30)이 복수 개 설치되고, 그 형상은 볼베어링(30)의 설치개수와 위치에 따라 삼각기둥, 정육면체, 정팔면체, 정십이면체 등으로 변경될 수 있다.

- [0020] 이하에서는 지지프레임(10)이 정육면체 형태로 구성되는 것을 예로 하여 설명한다.
- [0021] 지지프레임(10)은 일정한 길이를 가지며, 단면이 "┌"자, "┐"자 또는 "口"자 형상의 형상을 서로 직각이 되도록 연결하여 상, 하, 좌, 우, 정, 배면이 각각 개방된 형태의 정육면체가 구성된다.
- [0022] 그리고 지지프레임(10)은 도 5에 도시된 바와 같이 길이방향으로 '  '의 형상의 단면을 가지는 것으로 실시될 수 있는데, 이러한 구성에 의해 지지프레임(10)이 탄성복원력을 구비하게 되고, 그 결과 후술하는 볼베어링(30)에 균일한 지지력을 부가함으로써 구체(20)를 더욱 정교하고 정확하게 지지할 수 있다.
- [0023] 그리고 상기와 같은 지지프레임(10)의 모서리의 내측에는 복수 개의 볼베어링(30)이 설치되고, 이들 볼베어링(30)에 의해 지지프레임(10)의 중앙에 위치하는 구체(20)가 일정한 지점에서 볼베어링(30)의 볼(31)과 접촉 지된다. 볼(31)의 설치를 결정하는 방법에 대한 설명은 후술한다.
- [0024] 지지프레임(10)의 내부 공간의 중앙부에 설치되어 회전 운동되는 구체(20)는 금속재로 이루어지고, 이때 구체(20)의 크기는 도 3에 도시된 바와 같이 지지프레임(10)의 내부 공간에 적절히 위치될 수 있는 정도의 체적을 가지며, 구체(20)의 주위에 설치된 복수의 전자석(40)이 여자됨에 따라 형성된 자기장에 의해 그 표면에 와전류가 생성되고, 그 결과 구체(30)는 임의의 방향으로 회전될 수 있게 되는데, 이때 구체(30)의 회전방향과 회전속도는 후술하는 제어부(50)의 제어에 의해 전자석(40)에 가해지는 전원의 세기, 위상 및 전원공급 순서 등에 의해 조절된다.
- [0025] 지지프레임(10)의 모서리의 내측에 서로 대칭되는 위치에 설치되는 복수 개의 볼베어링(30)은 도 6과 도 7에 도시된 바와 같이 지지프레임(10)의 중앙부에 위치하는 구체(20)를 지지하여 구체(20)를 일정 위치에 위치되도록 함과 동시에, 구체(20)가 회전할 때 방해받지 않고 자유롭게 회전 운동하도록 하는데, 이를 위해 본 발명의 볼베어링(30)은 볼(31), 베어링레이저(32) 및 베어링케이지(33)로 구성된다. 이때 볼베어링(30)은 그 설치개수에 따라 지지프레임(10)의 모서리마다 설치될 수도 있고, 이와 달리 일부의 모서리에만 설치될 수도 있다.
- [0026] 그리고 위에서는 볼베어링(30)이 지지프레임(10)의 모서리에 설치되는 것으로 설명하였으나, 볼베어링(30)은 필요에 따라 지지프레임(10)의 중간부위, 또는 중간부위와 조합하여 설치될 수도 있다.
- [0027] 베어링레이저(32)는 볼(31)의 하부쪽을 지지함과 동시에 결합부재를 통해 지지프레임(10)의 모서리 내측에 견고하게 설치 고정되고, 그 중심부분에는 볼(31)이 안착될 수 있도록 반구 형상의 홈(32A)이 형성된다. 그리고 베어링레이저(32)가 프레임의 각각의 모서리에 설치될 때에는 구체(20)의 중심을 잇는 선과 직각을 이루는 평면상에 설치된다. 또한 베어링레이저(32)를 지지프레임(10)의 모서리에 고정시키는 결합부재는 볼트와 너트로 이루어져 장, 탈착이 가능하도록 실시되거나 또는 지지프레임(10)에의 용접을 통해 반영구적으로 고정되는 것으로 실시될 수 있다.
- [0028] 베어링케이지(33)는 베어링레이저(32)의 상부쪽에 위치되어 베어링레이저(32)의 홈(32A)에 안착된 볼(31)을 감싸 볼(31)의 이탈을 방지하는 동시에 볼이 원활하게 회전될 수 있도록 하는 부재로서, 이를 위해 베어링케이지(33)에는 그 중앙부에 볼(31)이 안착되는 반구 형상의 가이드홈(33A)이 형성되고, 이러한 베어링케이지(33)는 결합부재를 통해 상기한 베어링레이저(32)에 견고하게 고정된다. 이때의 결합부재도 베어링레이저(32)에서와 같이 볼트와 너트로 실시되거나 또는 용접으로 실시될 수 있다.
- [0029] 그리고 베어링레이저(32)의 반구 형상의 홈(32A)과 베어링케이지(33)의 반구 형상의 가이드홈(33A)이 만나 이루는 구 형상의 홈에는 볼(31)이 안착된다.

[0030] 한편, 구체(20)의 주위에 설치된 전자석에 의해 형성된 자기장에 의해 구체(20)가 회전될 때 구체에 미세한 진동이 발생할 수 있는데, 이 경우 볼베어링(30)을 통해 진동이 위성체에 전달될 수 있고, 따라서 이를 방지하기 위해 볼베어링(30)과 지지프레임(10) 사이에는 댐퍼(damper)나 isolator 등의 진동감쇠 부재가 설치되는 것이 바람직하다.

[0031] 그리고 볼베어링(30)의 크기는 전자석(40)의 여자에 의해 구체(20)의 표면에 형성되는 와전류와 간섭되지 않는 정도의 크기로 선정되는데, 와전류와 간섭되지 않는 정도의 크기는 구체(20)의 직경, 전자석과 구체(20)와의 거리 등에 따라 달라진다.

[0032] 그리고 볼베어링(30)은 지지프레임(10)의 모서리마다 설치됨으로써 서로 대칭되는 구조를 가지게 되고, 그 결과 구체(20)가 볼베어링(30)에 의해 안정되게 지지되는 동시에 구체(20)에 가해지는 하중이 균일하게 분산된다.

[0033] 위에서 설명한 바와 같은 효과, 즉 구체(20)가 볼베어링(30)에 의해 안정되게 지지되는 동시에 구체(20)에 가해지는 하중이 균일하게 분산되는 효과를 가지도록 하기 위해서는 도 7에 도시된 바와 같이 볼베어링(30)의 설치 위치, 즉 볼베어링(30)의 볼(31)이 구체(20)의 표면과 점접촉이 이루어지도록 그 설치위치가 결정되어야 하는데, 이하에서는 이에 대해 기술한다.

[0034] 구체(20)의 반지름이 R인 경우 구체의 중심점에 원점을 두는 좌표축에 있어서 구체(20)의 표면은 각각 아래의 수학적 식 1에서 알 수 있는 바와 같이 좌표축(X, Y, Z)에서 동일한 거리(R)만큼 떨어진 위치에 위치하게 되고, 따라서 구체가 좌표축(X, Y, Z)과 만나는 지점은 아래의 수학적 식 2와 같다.

수학적 식 1

$$R = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

[0035]

[0036] 여기서, R 은 구체(30)의 반지름, X , Y , Z 는 각각 구체(20)가 X 좌표축, Y 좌표축 및 Z 좌표축과 만나는 지점의 좌표값이다.

[0037] 그런데 위 수학적 식 1에서 대칭성을 이루기 위한 조건으로 $X = Y = Z$ 이기 때문에 결국 구체(20)가 X 좌표축, Y 좌표축 및 Z 좌표축과 만나는 지점의 좌표값은 아래의 수학적 식 2와 같다.

수학식 2

$$X = \pm \frac{R}{\sqrt{(3)}}, Y = \pm \frac{R}{\sqrt{(3)}}, Z = \pm \frac{R}{\sqrt{(3)}}$$

[0038]

[0039] 이때 볼베어링(30)의 볼(31)의 반지름이 r 인 경우 볼(31)의 중심이 각각 위치하는 지점의 좌표값은 아래의 수학식 3과 같다.

수학식 3

$$X = \pm \frac{R+r}{\sqrt{(3)}}, Y = \pm \frac{R+r}{\sqrt{(3)}}, Z = \pm \frac{R+r}{\sqrt{(3)}}$$

[0040]

[0041] 여기서 X, Y, Z 는 볼베어링(30)의 볼(31)의 중심이 각각 위치하는 지점의 좌표값이고, R 은 구체(20)의 반지름, r 은 볼베어링(30)의 볼(31)의 반지름이다.

[0042] 그리고 구체(20)의 주위에 배열되며 자력을 생성시켜 구체(20)를 회전시키는 전자석(40)과 연결되어 구체 구동 시스템을 제어하는 제어부(50)는 앞서 설명한 바와 같이 구체(30)의 회전속도와 회전방향 등을 제어하며, 이때 구체(30)의 회전속도를 검출하여 제어하기 위해 제어부(50)에는 타코미터 등의 속도측정기가 구비된다.

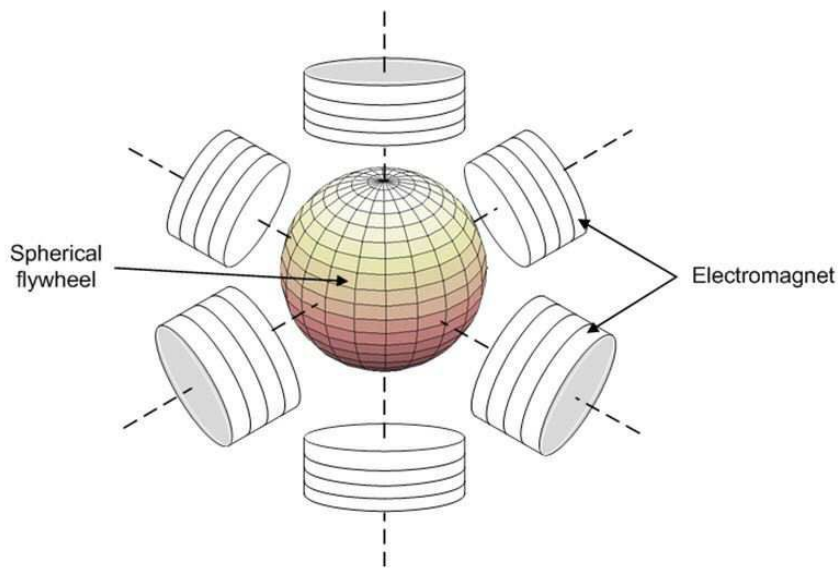
[0043] 이상 설명한 바와 같이 본 발명은 위성체의 자세를 제어하기 위해 자세제어 장치의 내부에 설치되는 구체가 복수 개의 볼베어링에 의해 지지되기 때문에 구체를 공중에 부상시키기 위한 자기부상 장치를 설치할 필요가 없고, 진동 등에 의해서도 구체가 손상되지 않으며, 또한 구체의 위치가 그대로 유지되기 때문에 위성체의 자세를 정확하게 제어할 수 있다.

부호의 설명

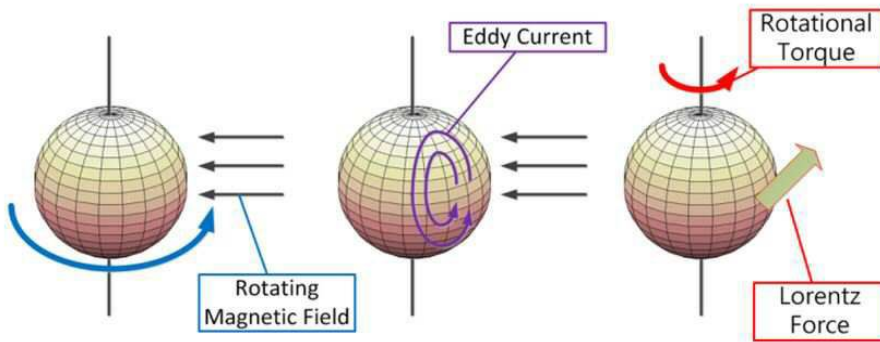
- | | | |
|--------|------------|-----------|
| [0044] | 10: 지지프레임 | 20: 구체 |
| | 30: 볼베어링 | 31: 볼 |
| | 32: 베어링레이저 | 32A: 홈 |
| | 33: 베어링케이지 | 33A: 가이드홈 |
| | 40: 전자석 | 50: 제어부 |

도면

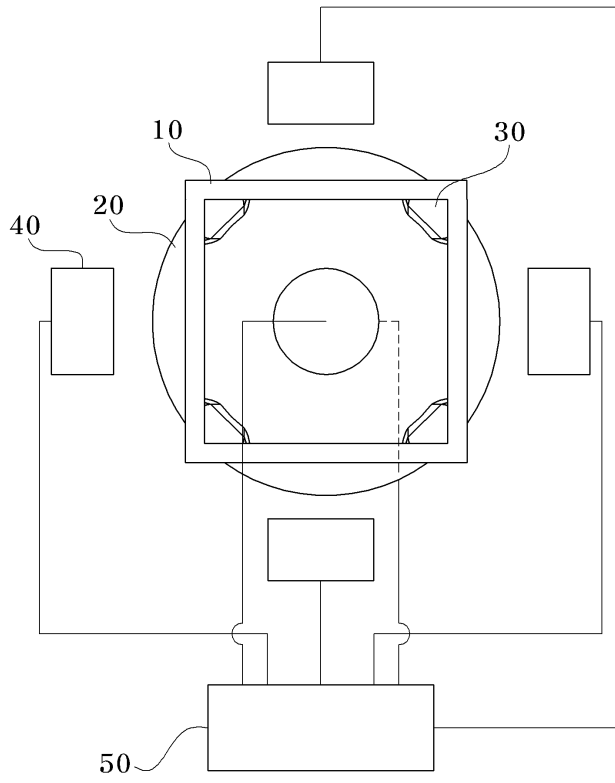
도면1a



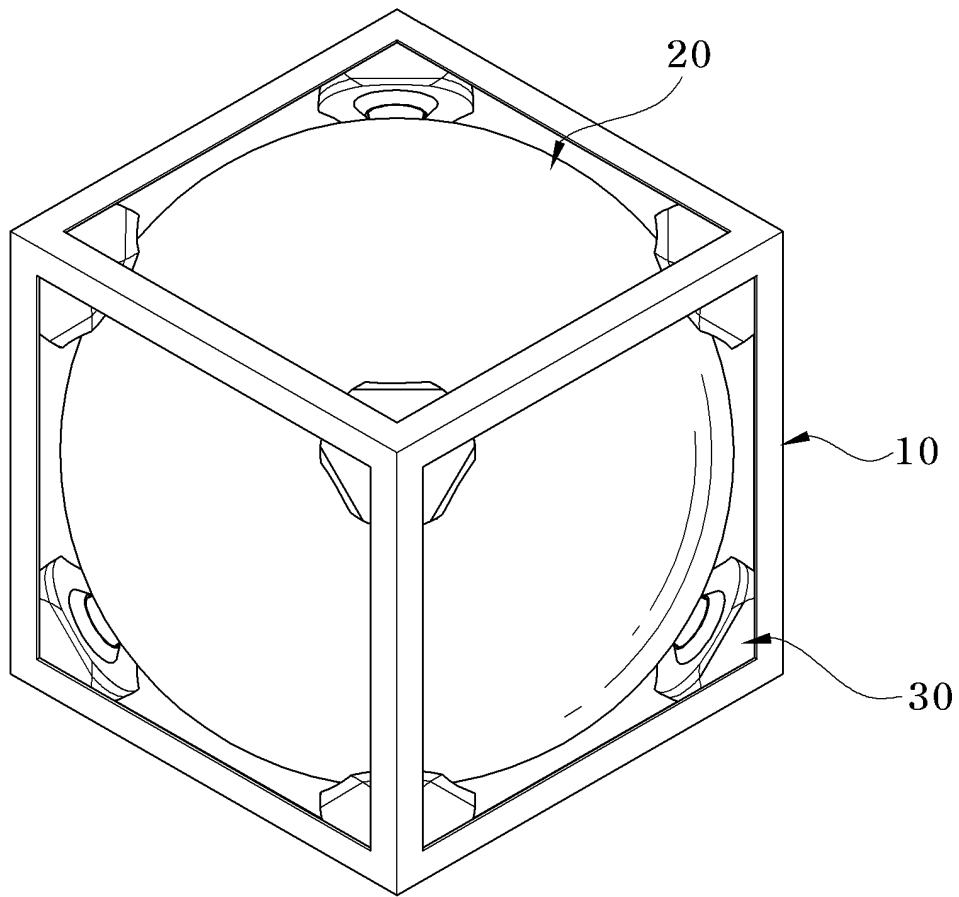
도면1b



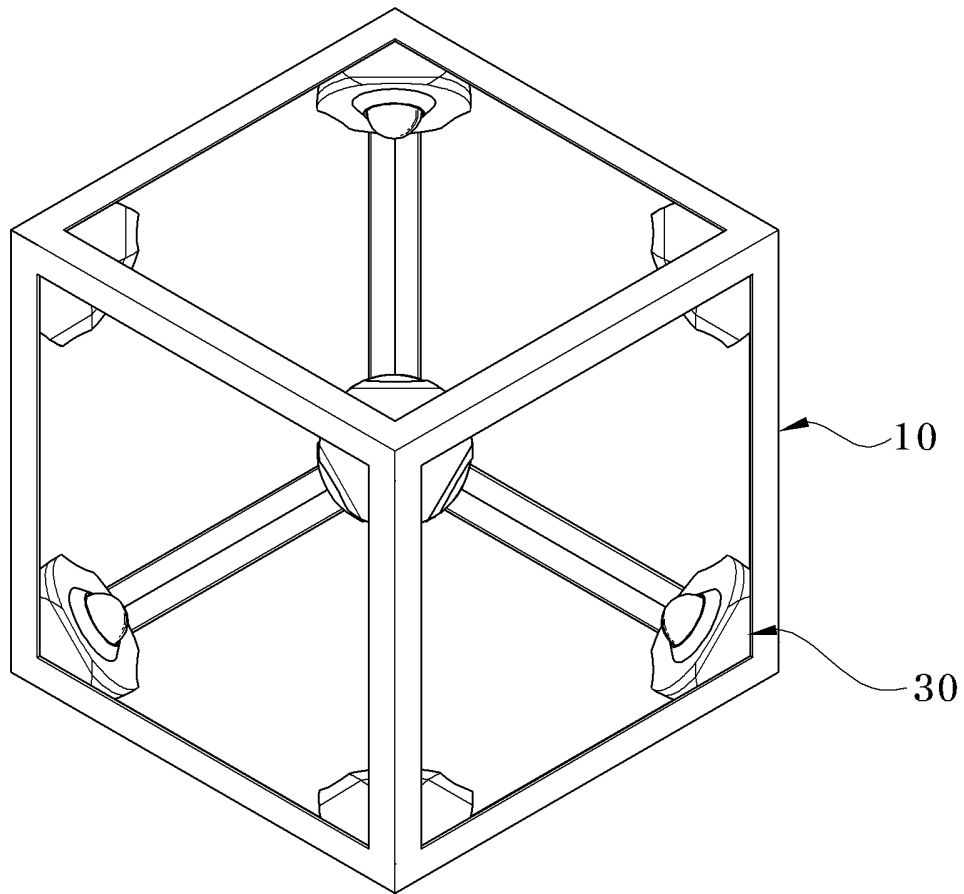
도면2



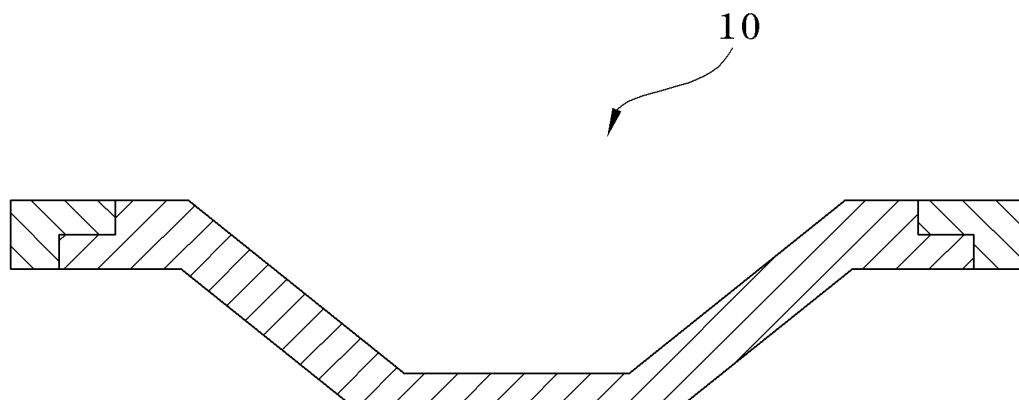
도면3



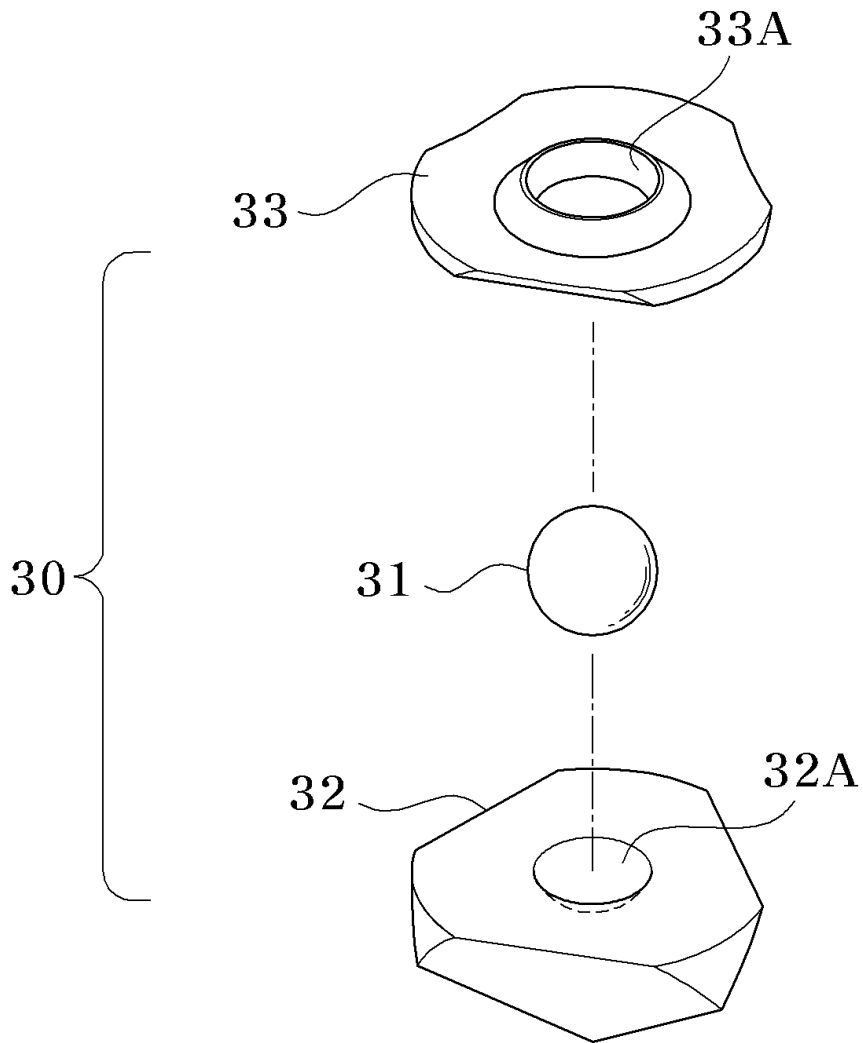
도면4



도면5



도면6



도면7

