



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0002909
(43) 공개일자 2010년01월07일

(51) Int. Cl.

B25J 13/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0062964

(22) 출원일자 2008년06월30일

심사청구일자 2008년06월30일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

최승복

인천광역시 남구 주안8동 1106 진흥아파트
102-1304

한영민

인천광역시 남구 주안8동 1607 한신희플러스아파트
103-801

성민상

인천광역시 남구 용현4동 81-32 아산빌 105호

(74) 대리인

김국진

전체 청구항 수 : 총 14 항

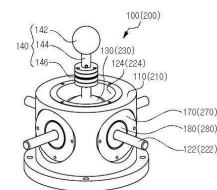
(54) 이알 유체 또는 엠알 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치

(57) 요약

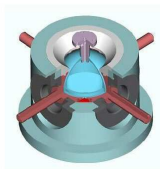
본 발명은 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 전기장 또는 자기장 인가에 따라 그 상태를 가역적으로 변화시킬 수 있는 ER/MR 유체가 충전되는 구면조인트를 MIS용 마스터 장치에 설치함으로써 슬레이브 장치에 설치된 의료용 수술 도구가 인체 장기에 접촉할 때 발생하는 접촉력의 크기에 따라 전기장 또는 자기장의 세기를 조절하여 ER/MR 유체의 상태를 변화시키고, 이때 생성되는 연속적이고 세밀한 반력을 마스터 장치를 조종하는 의사에게 전달함으로써 슬레이브의 수술도구가 장기와 접촉하는 상황에서 의 촉감 정보를 마스터에서 정확하게 구현할 수 있는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치에 관한 것이다.

본 발명은 힘 반향 장치에 있어서, 전기장 또는 자기장에 따라 유변 현상을 일으키는 ER 유체 또는 MR 유체의 항복응력을 제어하여 제어 토크의 크기를 연속적으로 조절할 수 있도록 함으로써 힘 반향 장치의 반력을 조절하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도3



(a)



(b)

특허청구의 범위

청구항 1

힘 반향 장치에 있어서,

전기장 또는 자기장에 따라 유변 현상을 일으키는 ER 유체 또는 MR 유체의 항복응력을 제어하여 제어 토오크의 크기를 연속적으로 조절할 수 있도록 함으로써 힘 반향 장치의 반력을 조절하는 것을 특징으로 하는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치.

청구항 2

몸체부와,

상기 몸체부의 내측에 고정 설치되는 외측 원구와,

상기 외측 원구 내부에 자유로이 운동할 수 있도록 구면 조인트로 결합되는 내측 원구와,

상기 구면 조인트의 내,외측 원구 사이의 간극에 충전되는 ER 유체를 포함하여 구성되되,

상기 ER 유체에 인가되는 전기장에 따라 가역적으로 변하는 능동 또는 반능동의 반력을 구현할 수 있도록 한 것을 특징으로 하는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치.

청구항 3

몸체부와,

상기 몸체부의 내측에 고정 설치되는 외측 원구와,

상기 외측 원구 내부에 자유로이 운동할 수 있도록 구면 조인트로 결합되는 내측 원구와,

상기 내측 원구의 외측을 감싸도록 결합되는 코일과,

상기 구면 조인트의 내,외측 원구 사이의 간극에 충전되는 MR 유체를 포함하여 구성되되,

상기 MR 유체에 인가되는 자기장에 따라 가역적으로 변하는 능동 또는 반능동의 반력을 구현할 수 있도록 한 것을 특징으로 하는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 외측 원구와 내측 원구는 각각 알루미늄과 스테인레스 재질로 형성되고, 외측 원구에는 (-)전압, 내측 원구에는 (+)전압을 인가하여 ER 유체가 충전된 간극 사이에 전기장을 형성하는 것을 특징으로 하는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치.

청구항 5

제 2항에 있어서,

상기 외측 원구는 몸체부의 외측으로 돌출 형성되는 4개의 회전 전극과, 상기 회전 전극의 상,하부에 결합되는 상,하부 고정부로 구성되는 것을 특징으로 하는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치.

청구항 6

제 3항에 있어서,

상기 외측 원구와 내측 원구는 강자성체인 연철 재질로 형성되고, 내측 원구에 설치된 코일에 전류를 인가하여 MR 유체가 충전된 간극 사이에 자기장을 형성하는 것을 특징으로 하는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치.

청구항 7

제 3항에 있어서,

상기 외측 원구는 몸체부의 외측으로 돌출 형성되는 4개의 회전 자극과, 상기 회전 자극의 상,하부에 결합되는 상,하부 고정부로 구성되는 것을 특징으로 하는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치.

청구항 8

제 2항 또는 제 3항에 있어서,

상기 외측 원구와 내측 원구는 8개의 점접촉에 의해 구면 조인트를 이루고, 구면 조인트의 내,외측 원구 사이의 간극은 상,하부 고정부에 의해 유지되는 것을 특징으로 하는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치.

청구항 9

제 2항 또는 제 3항에 있어서,

상기 내측원구의 상부에는 손잡이부가 연결 설치되되, 상기 손잡이부에는 반력을 측정하기 위한 힘 센서가 설치된 것을 특징으로 하는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치.

청구항 10

제 5항 또는 제 7항에 있어서,

상기 몸체부와 회전 전극 또는 회전 자극 사이에는 회전 전극 또는 회전 자극 지지대가 설치되고, 상기 회전 전극 또는 회전 자극 지지대와 회전 전극 또는 회전 자극의 사이에는 베어링이 삽입 설치되는 것을 특징으로 하는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치.

청구항 11

제 2항 또는 제 3항에 있어서,

상기 몸체부의 하부에는 덮개부가 설치되고, 상기 몸체부와 덮개부의 사이 및 몸체부와 외측 원구의 사이에는 오링이 삽입 설치되는 것을 특징으로 하는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치.

청구항 12

제 5항 또는 제 7항에 있어서,

반능동 모드의 경우, 상기 4개의 회전 전극 또는 회전 자극은 고정되고, 고정 전극 또는 고정 자극으로 작용하는 상,하부 고정부와 함께 하나의 브레이크를 형성하여 ER 유체 또는 MR 유체에 인가되고, 전기장 또는 자기장의 세기에 따라 3자유도 반력을 반능동적으로 조절하는 것을 특징으로 하는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치.

청구항 13

제 5항 또는 제 7항에 있어서,

능동 모드의 경우, AC 모터에 의해 구동되는 4개의 회전 전극 또는 회전 자극은 2개의 양방향 클러치로 작용하여 ER 유체 또는 MR 유체에 인가되는 전기장 또는 자기장의 세기에 따라 2자유도 반력을 능동적으로 조절하고, 고정 전극 또는 고정 자극으로 작용하는 상,하부 고정부는 브레이크로 작용하여 ER 유체 또는 MR 유체에 인가되는 전기장 또는 자기장의 세기에 따라 제동력을 발생시키는 것을 특징으로 하는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치.

청구항 14

제 2항 또는 제 3항에 있어서,

능동 반력을 구현시키기 위한 AC 모터와,

ER 유체 또는 MR 유체의 항복응력을 제어하기 위한 제어기 및

전기장 또는 자기장을 생성시키기 위해 전압 또는 전류를 인가시키는 전원공급장치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 본 발명은 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 전기장 또는 자기장 인가에 따라 그 상태를 가역적으로 변화시킬 수 있는 ER/MR 유체가 충전되는 구면조인트를 MIS용 마스터 장치에 설치함으로써 슬레이브 장치에 설치된 의료용 수술 도구가 인체 장기에 접촉할 때 발생하는 접촉력의 크기에 따라 전기장 또는 자기장의 세기를 조절하여 ER/MR 유체의 상태를 변화시키고, 이때 생성되는 연속적이고 세밀한 반력을 마스터 장치를 조종하는 의사에게 전달함으로써 슬레이브의 수술도구가 장기와 접촉하는 상황에서 의 촉감 정보를 마스터에서 정확하게 구현할 수 있는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 일반적으로, 복잡하거나 미지의 작업 환경에서 로봇 단독으로 일을 처리하기 어려운 경우, 인간의 적절한 판단에 의한 로봇의 제어가 필요한 시스템이 필요하다.
- <3> 예를 들어, 핵, 독성 화학물질의 취급, 의료현장, 우주, 해저 등 인간에게 해롭거나 인간의 접근이 어려운 작업 환경에서 여러가지 임무를 수행하여야 하는 경우, 실시간 원격제어 시스템이 요구된다.
- <4> 이러한 작업을 성공적이고 안전하게 처리하기 위해서는 인간의 판단과 기술, 작업환경에 대한 정보, 종속 매니플레이터의 센서 정보에 대한 작업자의 적절한 반응 등이 필요하게 되므로 작업자가 원격제어를 하기 위한 제어 조종기가 필요한데, 이러한 제어 조종기 중의 하나가 힘 반향 장치(Force feedback device)이다.
- <5> 이러한 힘 반향 장치가 사용되는 곳 중의 하나가 의료용 햅틱 마스터 장치인데, 상기 의료용 햅틱 마스터 장치는 마스터-슬레이브 로봇(Master-Slave Robot)을 이용한 최소침습수술(MIS: Minimally Invasive Surgery) 등의 의료현장에서 환자의 장기와 접촉하는 슬레이브 로봇의 접촉력을 마스터 로봇에 구현하여 의사에게 반력을 전달하기 위한 장치를 말한다.
- <6> 햅틱 마스터(Haptic Master)용 힘 반향 장치를 포함한 종래의 힘 반향 장치들은 서보 모터를 구동시스템으로 이용하고 있는데, 서보 모터는 코깅(Cogging) 현상이나 브러쉬 마찰 등의 영향과 토오크(Torque) 증폭을 위한 감속기의 사용으로 인해 낮은 토오크가 요구되는 상황에서 정밀한 제어 성능을 얻기 어려우며, 모터에 사용되는 로터(Rotor)의 회전관성이 상대적으로 출력 토오크에 비해 큰 편이기 때문에 작동기 효율이 좋지 못하고, 작동기 대역폭에 일정한 한계를 갖는 단점을 갖는다.
- <7> 또한, 기존의 서보 모터 시스템은 전달 토오크의 정/역 전환을 위해 모터 자체의 운동을 전환해 주어야 하며 이 과정에서 응답속도 지연이 과도해져 되먹임(feedback)에 의한 제어신호와 실제 시스템에 입력되는 신호간의 위상차가 커지는 단점이 있다.
- <8> 그리고 2 자유도 이상의 다자유도 회전운동과 그에 따른 반력을 구현하기 위해서는 짐벌(Gimbal)과 같은 기구학적 메커니즘을 이용하기 때문에 그 구조가 매우 복잡하고 정밀한 반력의 제어에 있어서도 많은 제약이 따르고 있다. 나아가, 능동 작동기의 사용과 브레이크 시스템의 부재로 인해 의료 안정성이 크게 저해될 수 있는 문제점이 있다.
- <9> 한편, 의료용 수술로봇을 이용한 최소침습수술(MIS) 기법이 환자에게 주는 여러가지 이점으로 인해 최근 관심이 집중되고 있지만 의사에게 있어서는 환자의 장기와 접촉하는 촉감을 잃게 됨으로써 인간과 보다 유연하고 안전하게 접촉할 수 있는 햅틱장치의 도입에 대한 요구가 날로 증대되고 있는 실정이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <10> 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점들을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 전기장 또는 자기장에 의해 제어가 가능한 ER/MR 유체를 구조가 단순하면서도 3자유도 회전이 가능한 구면 조인트에 적용하고, 양방향 클러치와 브레이크 메커니즘을 도입함으로써 단순하고 효과적이면서도 안정적인 2자유도 능동 또는 3자유

도 반능동 힘 반향이 가능한 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치를 제공함에 있다.

<11> 또한, 본 발명은 전기장에 의해 유변 현상을 일으키는 ER 유체의 항복응력을 제어하거나, 자기장에 의해 유변 현상을 일으키는 MR 유체의 항복응력을 제어함으로써 제어 토오크의 크기를 연속적으로 조절하는 것이 가능한 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치를 제공함에 다른 목적이 있다.

<12> 또한, 본 발명은 구동모터의 회전에 의해 한 쌍의 외측 회전자가 각각 반대방향으로 회전하며, 이때 전기장/자기장을 요구되는 운동 방향에 따라 선택적으로 부하함으로써 구동모터의 정/역 전환없이 바로 요구하는 토오크를 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 단순한 구성으로 브레이크에 의해 효과적이고 안정된 힘 반향을 구현할 수 있는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치를 제공함에 또 다른 목적이 있다.

과제 해결수단

<13> 상기와 같은 목적들을 달성하기 위한 본 발명에 따른 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치는,

<14> 힘 반향 장치에 있어서, 전기장 또는 자기장에 따라 유변 현상을 일으키는 ER 유체 또는 MR 유체의 항복응력을 제어하여 제어 토오크의 크기를 연속적으로 조절할 수 있도록 함으로써 힘 반향 장치의 반력을 조절하는 것을 특징으로 한다.

<15> 또한, 본 발명은 몸체부와, 상기 몸체부의 내측에 고정 설치되는 외측 원구와, 상기 외측 원구 내부에 자유로이 운동할 수 있도록 구면 조인트로 결합되는 내측 원구와, 상기 구면 조인트의 내,외측 원구 사이의 간극에 충전되는 ER 유체를 포함하여 구성되되, 상기 ER 유체에 인가되는 전기장에 따라 가역적으로 변하는 능동 또는 반능동의 반력을 구현할 수 있도록 한 것을 특징으로 한다.

<16> 또한, 본 발명은 몸체부와, 상기 몸체부의 내측에 고정 설치되는 외측 원구와, 상기 외측 원구 내부에 자유로이 운동할 수 있도록 구면 조인트로 결합되는 내측 원구와, 상기 내측 원구의 외측을 감싸도록 결합되는 코일과, 상기 구면 조인트의 내,외측 원구 사이의 간극에 충전되는 MR 유체를 포함하여 구성되되, 상기 MR 유체에 인가되는 자기장에 따라 가역적으로 변하는 능동 또는 반능동의 반력을 구현할 수 있도록 한 것을 특징으로 한다.

<17> 이때, 상기 외측 원구와 내측 원구는 각각 알루미늄과 스테인레스 재질로 형성되고, 외측 원구에는 (-)전압, 내측 원구에는 (+)전압을 인가하여 ER 유체가 충전된 간극 사이에 전기장을 형성하는 것을 특징으로 한다.

<18> 또한, 상기 외측 원구는 몸체부의 외측으로 돌출 형성되는 4개의 회전 전극과, 상기 회전 전극의 상,하부에 결합되는 상,하부 고정부로 구성되는 것을 특징으로 한다.

<19> 그리고, 상기 외측 원구와 내측 원구는 강자성체인 연결 재질로 형성되고, 내측 원구에 설치된 코일에 전류를 인가하여 MR 유체가 충전된 간극 사이에 자기장을 형성하는 것을 특징으로 한다.

<20> 또한, 상기 외측 원구는 몸체부의 외측으로 돌출 형성되는 4개의 회전 자극과, 상기 회전 자극의 상,하부에 결합되는 상,하부 고정부로 구성되는 것을 특징으로 한다.

<21> 한편, 상기 외측 원구와 내측 원구는 8개의 점접촉에 의해 구면 조인트를 이루고, 구면 조인트의 내,외측 원구 사이의 간극은 상,하부 고정부에 의해 유지되는 것을 특징으로 한다.

<22> 또한, 상기 내측원구의 상부에는 손잡이부가 연결 설치되되, 상기 손잡이부에는 반력을 측정하기 위한 힘 센서가 설치된 것을 특징으로 한다.

<23> 그리고, 상기 몸체부와 회전 전극 또는 회전 자극 사이에는 회전 전극 또는 회전 자극 지지대가 설치되고, 상기 회전 전극 또는 회전 자극 지지대와 회전 전극 또는 회전 자극의 사이에는 베어링이 삽입 설치되는 것을 특징으로 한다.

<24> 또한, 상기 몸체부의 하부에는 덮개부가 설치되고, 상기 몸체부와 덮개부의 사이 및 몸체부와 외측 원구의 사이에는 오링이 삽입 설치되는 것을 특징으로 한다.

<25> 한편, 반능동 모드인 경우, 상기 4개의 회전 전극 또는 회전 자극은 고정되고, 고정 전극 또는 고정 자극으로 작용하는 상,하부 고정부와 함께 하나의 브레이크를 형성하여 ER 유체 또는 MR 유체에 인가되고, 전기장 또는 자기장의 세기에 따라 3자유도 반력을 반능동적으로 조절하는 것을 특징으로 한다.

<26> 또한, 능동 모드인 경우, AC 모터에 의해 구동되는 4개의 회전 전극 또는 회전 자극은 2개의 양방향 클러치로

작용하여 ER 유체 또는 MR 유체에 인가되는 전기장 또는 자기장의 세기에 따라 2자유도 반력을 능동적으로 조절하고, 고정 전극 또는 고정 자극으로 작용하는 상,하부 고정부는 브레이크로 작용하여 ER 유체 또는 MR 유체에 인가되는 전기장 또는 자기장의 세기에 따라 제동력을 발생시키는 것을 특징으로 한다.

<27> 그리고, 능동 반력을 구현시키기 위한 AC 모터와, ER 유체 또는 MR 유체의 항복응력을 제어하기 위한 제어기 및 전기장 또는 자기장을 생성시키기 위해 전압 또는 전류를 인가시키는 전원공급장치를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

효 과

<28> 본 발명에 따른 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치에 의하면 전기장에 의해 유변 현상을 일으키는 ER 유체의 항복응력을 제어하거나, 자기장에 의해 유변 현상을 일으키는 MR 유체의 항복응력을 제어함으로써 제어 토오크의 크기를 연속적으로 조절하는 것이 가능하기 때문에 기존의 서보 모터 시스템이 갖는 토오크 리플(Torque-ripple)이나 코깅(Cogging) 현상 등이 존재하지 않고, 낮은 토오크를 요구하는 영역에서도 연속적이며 부드러운 제어 성능을 확보할 수 있는 효과를 갖는다.

<29> 또한, 본 발명에 따르면 단순한 구조로 정밀하고 안정적인 힘 반향이 가능하여 최소침습수술시 시술자가 실제 직접 수술시와 같은 감각으로 수술을 집도할 수 있도록 함으로써 시술의 안정성과 정확성을 향상시킬 수 있는 효과를 추가로 갖는다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<30> 이하, 첨부된 도면을 참고로 하여 본 발명에 따른 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치의 바람직한 실시예들을 상세히 설명하기로 한다.

<31> 도 1은 본 발명에 따른 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치를 이용한 최소침습수술의 의료 시스템을 나타낸 구성도이고, 도 2는 본 발명에 따른 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치를 이용한 햅틱 시스템을 나타낸 사시도이며, 도 3의 a), b)는 모터 부분을 제외한 본 발명에 따른 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치를 나타낸 사시도와 부분 단면도이고, 도 4는 본 발명에 따른 ER 유체를 이용한 힘 반향 장치를 나타낸 단면도이며, 도 5는 도 4에 나타낸 본 발명의 분해 사시도이고, 도 6은 본 발명에 따른 MR 유체를 이용한 힘 반향 장치를 나타낸 단면도이며, 도 7은 도 6에 나타낸 본 발명의 분해 사시도이다.

<32> 본 발명은 전기장 또는 자기장 인가에 따라 그 상태를 가역적으로 변화시킬 수 있는 ER/MR 유체(150,250)가 충전되는 구면조인트를 MIS용 마스터 장치에 설치함으로써 슬레이브 장치에 설치된 의료용 수술 도구가 인체 장기에 접촉할 때 발생하는 접촉력의 크기에 따라 전기장 또는 자기장의 세기를 조절하여 ER/MR 유체(150,250)의 상태를 변화시키고, 이때 생성되는 연속적이고 세밀한 반력을 마스터 장치를 조종하는 의사에게 전달함으로써 슬레이브의 수술도구가 장기와 접촉하는 상황에서의 촉감 정보를 마스터에서 정확하게 구현할 수 있는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치에 관한 것이다.

<33> 보다 상세히 설명하면, 인간의 접근이 어려운 작업 환경에서 여러가지 임무를 수행하여야 하는 경우, 작업자가 원격제어를 하기 위한 제어 조종기 중의 하나인 힘 반향 장치에 있어서, 전기장에 따라 유변 현상을 일으키는 전기유변 유체(이하, ER 유체(Electro-Rheological Fluid)라 함)(150)의 항복응력을 제어하거나, 코일(238)에 의해 생성되는 자기장에 따라 유변 현상을 일으키는 자기유변 유체(이하, MR 유체(Magneto-Rheological Fluid)라 함)(250)의 항복응력을 제어하여 제어 토오크의 크기를 연속적으로 조절할 수 있도록 함으로써 힘 반향 장치(100,200)의 반력을 조절하는 것이다.

<34> 즉, 사용자가 힘 반향 장치(100,200)를 조작할 경우, 전기장(+,-) 또는 자기장(+,-)을 인가하면 내부에 수용되어 있는 ER 유체(150) 또는 MR 유체(250) 내에 있는 입자들이 두 전극이나 자극 사이에서 체인을 형성하여 전기장이나 자기장의 세기를 조절함에 따라 ER 유체(150) 또는 MR 유체(250)의 항복응력이 커지게 되고, 클러치(clutch)/브레이크(brake) 원리에 의해 반력이 생성된다. 따라서, 힘 반향 장치(100,200) 내에 수용되어 있는 ER 유체(150) 또는 MR 유체(250)에 가하는 전기장이나 자기장의 크기를 적절한 제어를 이용하여 조절함으로써 ER 유체(150) 또는 MR 유체(250)의 전단력 크기를 변화시켜 힘 반향 장치(100,200)를 이용하여 힘 반향을 표현할 수 있는 것이다.

<35> 이와 같은 본 발명에 따른 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치의 일 실시예인 ER 유체를 이

용한 다자유도 힘 반향 장치(100)는 도 4에 나타낸 바와 같이 크게 몸체부(110), 외측 원구(120), 내측 원구(130) 및 ER 유체(150)를 포함하여 구성된다.

- <36> 보다 상세히 설명하면, 상기 몸체부(110)는 힘 반향 장치(100)의 외형을 결정하고, 내부에 외측 원구(120)와 내측 원구(130)를 수용함과 동시에 보호할 수 있도록 하기 위한 것으로, 중공의 형태로 형성되어 상,하부 및 측면에는 후술할 손잡이부(140)와 덮개부(160) 및 회전 전극 지지대(170)가 결합되는 결합홀(112)이 형성되어 있다.
- <37> 상기 몸체부(110)의 내측에는 외측 원구(120)가 고정 설치되는데, 상기 외측 원구(120)는 알루미늄 재질로 형성되어 (-)전압이 인가되게 된다.
- <38> 또한, 상기 외측 원구(120)는 상기 몸체부(110)의 측면에 형성된 결합홀(112)을 통해 외측으로 돌출 형성되는 4개의 회전 전극(122)과, 상기 회전 전극(122)의 상부 및 하부에 결합되는 상부 고정부(124) 및 하부 고정부(126)로 구성되는데 상기 회전 전극(122)에는 도 2에 나타낸 바와 같이 AC 모터(50)와 모터 기어(60)가 커플링(70)에 의해 결합될 수 있고, 상기 상부 고정부(124) 및 하부 고정부(126)는 ER 유체(150)가 충전되는 외측 원구(120)와 내측 원구(130) 사이의 간극을 유지시키는 역할을 한다.
- <39> 그리고, 상기 외측 원구(120)의 내부에는 내측 원구(130)가 설치되는데, 상기 내측 원구(130)는 외측 원구(120)의 내부에서 자유로이 운동할 수 있도록 구면 조인트로 결합된다. 이때, 힘 반향 장치(100)의 조작시 상기 외측 원구(120)와 내측 원구(130) 사이의 마찰력을 최소화시키기 위하여 외측 원구(120)와 내측 원구(130)는 8개의 점접촉에 의해 구면 조인트를 이루도록 하는 것이 바람직하다.
- <40> 또한, 상기 내측 원구(130)는 각각 반원 형상으로 이루어진 상부 원구(132)와 하부 원구(134)로 구성되어 결합 및 분해가 가능하도록 구성되어 있고, 스테인레스 재질로 형성되어 (+)전압을 인가할 수 있도록 구성되어 있다.
- <41> 다음으로 ER 유체(150)는 상기 구면 조인트를 이루는 외측 원구(120)와 내측 원구(130) 사이의 간극에 충전되는데, 상기 ER 유체(150)는 (-)전극이 인가되는 외측 원구(120)와 (+)전극이 인가되는 내측 원구(130) 사이에 충전되어 구면 조인트의 간극 사이에 전기장을 형성하는 역할을 함으로써, 상기 ER 유체(150)에 인가되는 전기장에 따라 가역적으로 변하는 능동 또는 반능동의 반력을 구현할 수 있도록 구성되어 있는 것이다.
- <42> 한편, 상기 내측 원구(130)의 상부에는 손잡이부(140)가 연결 설치되는데, 상기 손잡이부(140)는 사용자의 조작을 위한 손잡이(142)와, 상기 손잡이(142)를 내측 원구(130)와 연결시키는 손잡이 연결구(144)로 구성되고, 상기 손잡이 연결구(144)의 중앙에는 ER 유체(150)에서 발생하는 반력을 측정하기 위한 힘 센서(146)가 설치되어 있다. 이때, 상기 힘 센서(146)로는 로드셀을 사용한다.
- <43> 그리고, 상기 몸체부(110)와 회전 전극(122) 사이에는 회전 전극(122)을 지지하기 위한 회전 전극 지지대(170)가 설치되고, 상기 회전 전극(122)과 회전 전극 지지대(170) 사이에는 베어링(180)이 삽입 설치되어 회전 전극(122)이 자유롭게 회전할 수 있도록 구성되어 있다.
- <44> 또한, 상기 몸체부(110)의 하부에는 ER 유체(150)가 배출되는 것을 방지하기 위한 덮개부(160)가 착탈 가능하도록 설치되는데, 이때 상기 ER 유체(150)가 몸체부(110)와 덮개부(160)의 사이로 새는 것을 방지하기 위해 몸체부(110)와 덮개부(160)의 사이에는 오링(O-ring)(190)이 삽입 설치되는 것이 바람직하다.
- <45> 한편, ER 유체(150)가 새어 나오는 것을 방지하기 위한 상기 오링(190)은 도 5에 나타낸 바와 같이 몸체부(110)와 외측 원구(120)의 사이에 삽입 설치될 수도 있다.
- <46> 이와 같이 구성된 본 발명에 따른 ER 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치(100)를 결합하는 과정을 간략히 살펴보면 다음과 같다.
- <47> 우선, 사용자가 조작하게 되는 손잡이(142)와 손잡이 지지대(144)를 연결하는데, 상기 손잡이 지지대(144)의 중앙부에는 ER 유체(150)의 반력을 측정하기 위한 로드셀(146)을 설치한다.
- <48> 다음, 상부 원구(132)와 하부 원구(134)를 결합하여 내측 원구(130)를 완성시키고, 상기 내측 원구(130)에 손잡이 지지대(144)를 연결 설치하면 상기 로드셀(146)은 손잡이 지지대(144)를 통해 (+)전극이 인가되는 내측 원구(130)와 연결된다.
- <49> (-)전극이 인가되는 외측 원구(120)는 상부 고정부(124)와 하부 고정부(126)의 상,하부 구조에 회전 전극 지지대(170), 베어링(180) 및 오링(190)을 이용하여 회전 전극(122)을 연결 설치하고, 그 내부에 손잡이부(140)와 연결 설치된 내측 원구(130)를 삽입한다.

- <50> 이렇게 하여 조립된 외측 원구(120)와 내측 원구(130)를 몸체부(110)로 감싸고 몸체부(110)의 하부에 덮개부(160)를 결합시킴으로써 조립을 완료하고, 두 전극 즉, 외측 원구(120)와 내측 원구(130)의 사이에 ER 유체(150)를 주입한다.
- <51> 그 후, 두 전극에 전압이 인가되면 ER 유체(150)의 항복응력이 증가해 손잡이(142)의 움직임에 대한 반력이 발생하게 되는 것이다.
- <52> 다음으로, 본 발명에 따른 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치의 다른 실시예인 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치(200)는 도 6에 나타낸 바와 같이 크게 몸체부(210), 외측 원구(220), 내측 원구(230), 코일(238) 및 MR 유체(250)를 포함하여 구성된다.
- <53> 보다 상세히 설명하면, 상기 몸체부(210)는 힘 반향 장치(200)의 외형을 결정하고, 내부에 외측 원구(220)와 내측 원구(230)를 수용함과 동시에 보호할 수 있도록 하기 위한 것으로, 중공의 형태로 형성되어 상,하부 및 측면에는 후술할 손잡이부(140)와 덮개부(260) 및 회전 자극 지지대(270)가 결합되는 결합홀(212)이 형성되어 있다.
- <54> 상기 몸체부(210)의 내측에는 외측 원구(220)가 고정 설치되는데, 상기 외측 원구(220)는 상기 몸체부(210)의 측면에 형성된 결합홀(212)을 통해 외측으로 돌출 형성되는 4개의 회전 자극(222)과, 상기 회전 자극(222)의 상부 및 하부에 결합되는 상부 고정부(224) 및 하부 고정부(226)로 구성되는데 상기 회전 자극(222)에는 도 2에 나타낸 바와 같이 AC 모터(50)와 모터 기어(60)가 커플링(70)에 의해 결합될 수 있고, 상기 상부 고정부(224) 및 하부 고정부(226)는 MR 유체(250)가 충전되는 외측 원구(220)와 내측 원구(230) 사이의 간극을 유지시키는 역할을 한다.
- <55> 그리고, 상기 외측 원구(220)의 내부에는 내측 원구(230)가 설치되는데, 상기 내측 원구(230)는 외측 원구(220)의 내부에서 자유로이 운동할 수 있도록 구면 조인트로 결합된다. 이때, 힘 반향 장치(200)의 조작시 상기 외측 원구(220)와 내측 원구(230) 사이의 마찰력을 최소화시키기 위하여 외측 원구(220)와 내측 원구(230)는 8개의 점접촉에 의해 구면 조인트를 이루도록 하는 것이 바람직하다.
- <56> 또한, 상기 내측 원구(230)는 자극(236)과, 상기 자극(236)의 상,하부에 각각 결합되는 자극 덮개(232,234)로 구성되는데, 상기 자극(236)의 외측에는 코일(238)이 둘러싸여져 있어 외부로부터 공급되는 전류를 인가하여 후술할 MR 유체(250)가 충전된 간극 사이에 자기장을 형성할 수 있도록 구성되어 있다.
- <57> 한편, 상기 외측 원구(220)와 내측 원구(230)는 자기장을 형성시킬 수 있도록 하기 위하여 모두 강자성체인 연철 재질로 이루어지는 것이 바람직하다.
- <58> 다음으로 MR 유체(250)는 상기 구면 조인트를 이루는 외측 원구(220)와 내측 원구(230) 사이의 간극에 충전되는데, 상기 MR 유체(250)는 (-)자극이 인가되는 외측 원구(220)와 외측에 코일(238)이 결합된 내측 원구(230) 사이에 충전되어 상기 코일(238)에 전류가 인가되면 구면 조인트의 간극 사이에 자기장을 형성하는 역할을 함으로써, 상기 MR 유체(250)에 인가되는 자기장에 따라 가역적으로 변하는 능동 또는 반능동의 반력을 구현할 수 있도록 구성되어 있는 것이다.
- <59> 한편, 도 6 및 도 7에 나타낸 손잡이부(140), 베어링(280), 덮개부(270), 오링(290)의 구성은 전술한 ER 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치(100)의 구성과 동일하고, 회전 자극 지지대(270)의 구성은 회전 전극 지지대(170)의 구성에 대응되는 것이므로 상세한 설명을 생략하기로 한다.
- <60> 이와 같이 구성된 본 발명에 따른 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치(200)를 결합하는 과정을 간략히 살펴보면 다음과 같다.
- <61> 우선, 사용자가 조작하게 되는 손잡이(142)와 손잡이 지지대(144)를 연결하는데, 상기 손잡이 지지대(144)의 중앙부에는 MR 유체(250)의 반력을 측정하기 위한 로드셀(146)을 설치한다.
- <62> 다음, 외측에 코일(238)이 둘러싸인 자극(236)의 상,하부에 각각 자극 덮개(232,234)를 결합하여 내측 원구(230)를 완성시키고, 상기 내측 원구(230)에 손잡이 지지대(144)를 연결 설치하면 상기 로드셀(146)은 손잡이 지지대(144)를 통해 전류 공급시 자기장이 발생하는 내측 원구(230)와 연결된다.
- <63> (-)자극이 인가되는 외측 원구(220)는 상부 고정부(224)와 하부 고정부(226)의 상,하부 구조에 회전 자극 지지대(270), 베어링(280) 및 오링(290)을 이용하여 회전 자극(222)을 연결 설치하고, 그 내부에 손잡이부(140)와 연결 설치된 내측 원구(230)를 삽입한다.
- <64> 이렇게 하여 조립된 외측 원구(220)와 내측 원구(230)를 몸체부(210)로 감싸고 몸체부(210)의 하부에 덮개부

(260)를 결합시킴으로써 조립을 완료하고, 두 자극 즉, 외측 원구(220)와 내측 원구(230)의 사이에 MR 유체(250)를 주입한다.

- <65> 그 후, 코일(238)에 전류를 인가하여 자기장이 발생되면 MR 유체(250)의 항복응력이 증가해 손잡이(242)의 움직임에 대한 반력이 발생하게 되는 것이다.
- <66> 이하, 첨부된 도면을 참고로 하여 본 발명에 따른 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치(100,200)의 작동예를 살펴보기로 한다.
- <67> 우선, 힘 반향 장치(100,200)의 능동 반력을 구현시키기 위해서는 상기 회전 전극(122) 및 회전 자극(222)을 회전시킬 수 있는 AC 모터(50)가 설치되는데, 보다 상세히 설명하면, 도 2에 나타난 바와 같이, 상기 AC 모터(50)는 모터 기어(60)와 연결 설치되어 모터 기어(60)를 회전시키고, 상기 모터 기어(60)는 커플링(70)에 의해 회전 전극(122) 또는 회전 자극(222)에 결합되어 AC 모터(50)의 구동력을 회전 전극(122) 또는 회전 자극(222)에 전달하도록 구성되어 있다.
- <68> 또한, 도 1에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따른 힘 반향 장치(100,200)에는 보다 안정적이고 정밀한 제어를 위해 ER 유체(150)와 MR 유체(250)의 항복응력을 제어하기 위한 제어기와, 전기장 또는 자기장을 생성시키기 위해 전압 또는 전류를 인가시키는 전원 공급 장치가 부가 설치된다. 이때, 상기 제어기와 전원 공급장치를 컨트롤 박스(control box)(30)로 구성할 수도 있음은 물론이다.
- <69> 본 발명에 따른 힘 반향 장치(100,200)를 작동시키기 위해서는 우선, AC 모터(50)로 4개의 회전 전극(122) 또는 회전 자극(222)을 구동하고, 사용자가 손잡이부(140)를 이용하여 내측 원구(130,230)를 조작한다. 이때, 힘 반향 장치(100,200) 내에 들어있는 ER 유체(150) 또는 MR 유체(250)는 전기장 또는 자기장을 인가하면 유체 내에 있는 입자들이 두 전극이나 자극 사이에서 체인(chain)을 형성하여 전기장이나 자기장의 세기를 조절함에 따라 유체의 항복응력이 커지게 되고 클러치/브레이크(clutch/brake) 원리에 의해 반력이 생성된다.
- <70> 따라서, 힘 반향 장치(100,200) 내에 들어있는 ER 유체(150) 또는 MR 유체(250)에 가하는 전기장 또는 자기장의 크기를 적절한 제어기를 이용하여 조절함으로써 ER 유체(150) 또는 MR 유체(250)의 전단력의 크기를 변화시켜 힘 반향을 표현할 수 있는 것이다.
- <71> 보다 상세히 설명하면, 우선 ER 유체를 이용한 힘 반향 장치(100)의 경우 ER 유체(150)가 전기장의 부하에 따라 항복응력이 증가하는 효과가 있으므로 필요한 반력의 방향에 따라 필요한 전극, 즉 (-)전압이 인가되는 외부 원구(120)의 회전전극(122) 및 상,하부 고정부(124,126)에 전기장을 인가하며, 필요한 반력의 크기에 따라 전기장의 세기를 조절하여 회전운동에 대한 반력을 표현하는 것이다.
- <72> 또한, MR 유체를 이용한 힘 반향 장치(200)의 경우, MR 유체(250)가 자기장의 부하에 따라 항복응력이 증가하는 효과가 있으므로 필요한 반력에 따라 내측 원구(230)에 설치된 코일(238)에 자기장을 부여하여 회전운동에 대한 반력을 표현하는 것이다.
- <73> 한편, 본 발명에 따른 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치(100,200)를 이용하면 2자유도 능동(active) 또는 3자유도 반능동(semi-active)의 힘 반향이 가능한데, 우선 능동 모드인 경우 AC 모터(50)를 이용하여 2쌍의 양방향 클러치를 구성하는 4개의 회전 전극(122) 또는 회전 자극(222)을 구동하여 2자유도 능동 반력을 표현하고, 나머지 상,하부 고정부(124,126,224,226)는 브레이크 역할을 수행하는 것이다.
- <74> 다시 말하면, AC 모터(50)에 의해 구동되는 4개의 회전 전극(122) 또는 회전 자극(222)은 2개의 양방향 클러치로 작용하여 ER 유체(150) 또는 MR 유체(250)에 인가되는 전기장 또는 자기장의 세기에 따라 2자유도의 반력을 능동적으로 조절하고, 상기 상부 고정부(124,224)와 하부 고정부(126,226)는 고정 전극 또는 고정 자극으로 작용하여 브레이크 역할을 함으로써 ER 유체(150) 또는 MR 유체(250)에 인가되는 전기장 또는 자기장의 세기에 따라 제동력을 발생시키는 것이다.
- <75> 다음으로, 반능동 모드의 경우 4개의 회전 전극(122) 또는 회전 자극(222)을 고정시켜 상,하부 고정부(124,126,224,226)와 함께 한 개의 브레이크를 구성하고, 사용자가 내측 원구(130,230)를 조작함으로써 반능동 반력을 표현하도록 한 것이다.
- <76> 다시 말하면, 상기 4개의 회전 전극(122) 또는 회전 자극(222)은 고정되어, 고정 전극 또는 고정 자극으로 작용하는 상부 고정부(124,224) 및 하부 고정부(126,226)와 함께 하나의 브레이크를 형성하여 ER 유체(150) 또는 MR 유체(250)에 인가되고, 사용자가 전기장 또는 자기장의 세기에 따라 내측 원구(130,230)를 조작함으로써 3자유

도의 반력을 반능동적으로 조절하는 것이다.

<77> 이와 같이, 본 발명에 따른 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치(100,200)에 의하면 전기장에 의해 유변 현상을 일으키는 ER 유체(150)의 항복응력을 제어하거나, 자기장에 의해 유변 현상을 일으키는 MR 유체(250)의 항복응력을 제어함으로써 제어 토오크의 크기를 연속적으로 조율하는 것이 가능하기 때문에 기존의 서보 모터 시스템이 갖는 토오크 리플(Torque-ripple)이나 코깅(Cogging) 현상 등이 존재하지 않고, 낮은 토오크를 요구하는 영역에서도 연속적이며 부드러운 제어 성능을 확보할 수 있는 등이 뛰어난 장점을 갖는 것이다.

<78> 전술한 실시예들은 본 발명의 가장 바람직한 예에 대하여 설명한 것이지만, 상기 실시예에만 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 변형이 가능하다는 것은 당업자에게 있어서 명백한 것이다.

산업이용 가능성

<79> 본 발명은 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 전기장 또는 자기장 인가에 따라 그 상태를 가역적으로 변화시킬 수 있는 ER/MR 유체가 충전되는 구면조인트를 MIS용 마스터 장치에 설치함으로써 슬레이브 장치에 설치된 의료용 수술 도구가 인체 장기에 접촉할 때 발생하는 접촉력의 크기에 따라 전기장 또는 자기장의 세기를 조절하여 ER/MR 유체의 상태를 변화시키고, 이때 생성되는 연속적이고 세밀한 반력을 마스터 장치를 조종하는 의사에게 전달함으로써 슬레이브의 수술도구가 장기와 접촉하는 상황에서서의 촉감 정보를 마스터에서 정확하게 구현할 수 있는 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치에 관한 것이다.

도면의 간단한 설명

<80> 도 1은 본 발명에 따른 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치를 이용한 최소침습수술의 의료 시스템을 나타낸 구성도.

<81> 도 2는 본 발명에 따른 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치를 이용한 햅틱 시스템을 나타낸 사시도.

<82> 도 3의 a), b)는 모터 부분을 제외한 본 발명에 따른 ER 유체 또는 MR 유체를 이용한 다자유도 힘 반향 장치를 나타낸 사시도와 부분 단면도.

<83> 도 4는 본 발명에 따른 ER 유체를 이용한 힘 반향 장치를 나타낸 단면도.

<84> 도 5는 도 4에 나타낸 본 발명의 분해 사시도.

<85> 도 6은 본 발명에 따른 MR 유체를 이용한 힘 반향 장치를 나타낸 단면도.

<86> 도 7은 도 6에 나타낸 본 발명의 분해 사시도.

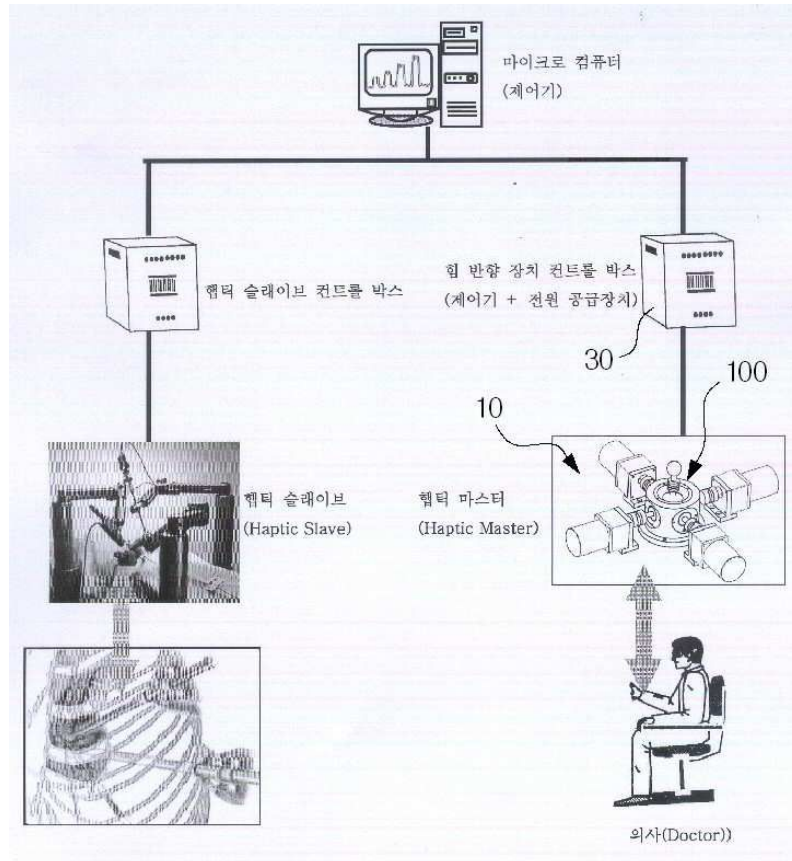
<87> * 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 *

<88> 10 : 햅틱 마스터	30 : 컨트롤 박스
<89> 50 : AC 모터	60 : 모터기어
<90> 70 : 커플링	100, 200 : 힘 반향 장치
<91> 110, 210 : 몸체부	112, 212 : 결합홀
<92> 120, 220 : 외측 원구	122 : 회전전극
<93> 124, 224 : 상부 고정부	126, 226 : 하부 고정부
<94> 130, 230 : 내측 원구	132 : 상부 원구
<95> 134 : 하부 원구	140 : 손잡이부
<96> 142 : 손잡이	144 : 손잡이 지지대
<97> 146 : 힘센서(로드셀)	150 : ER 유체
<98> 160, 260 : 덮개부	170 : 회전 전극 지지대

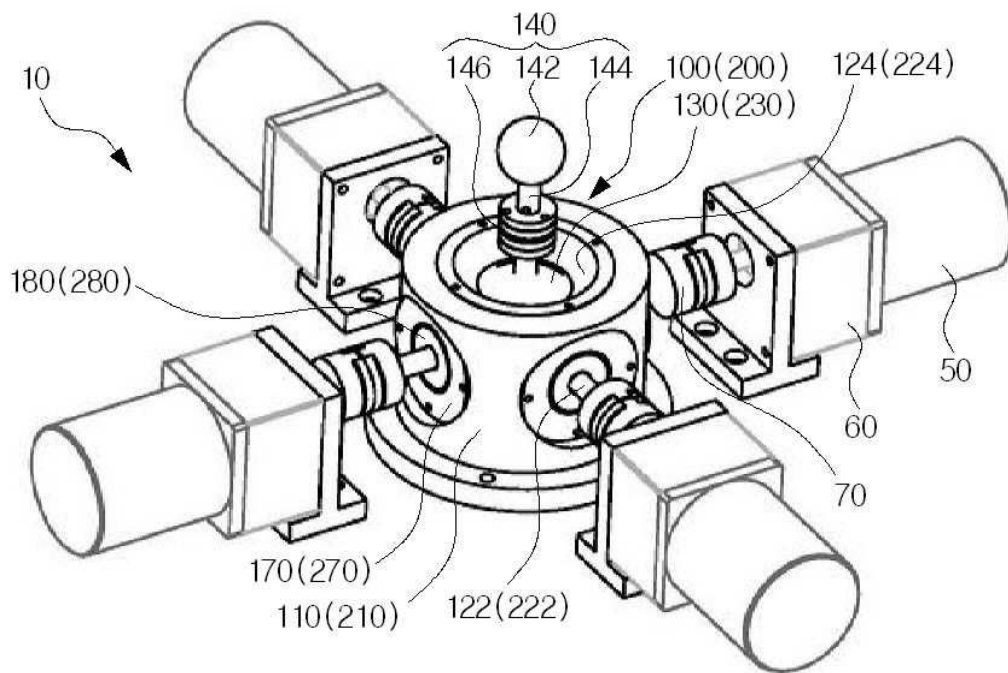
- <99> 180, 280 : 베어링 190, 290 : 오링
- <100> 222 : 회전 자극 232 : 상부 자극덮개
- <101> 234 : 하부 자극덮개 236 : 자극
- <102> 238 : 코일 250 : MR 유체
- <103> 270 : 회전 자극 지지대

도면

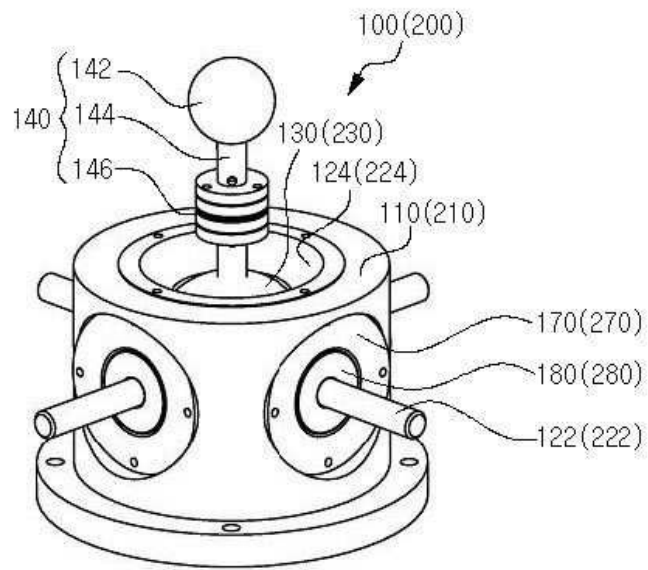
도면1



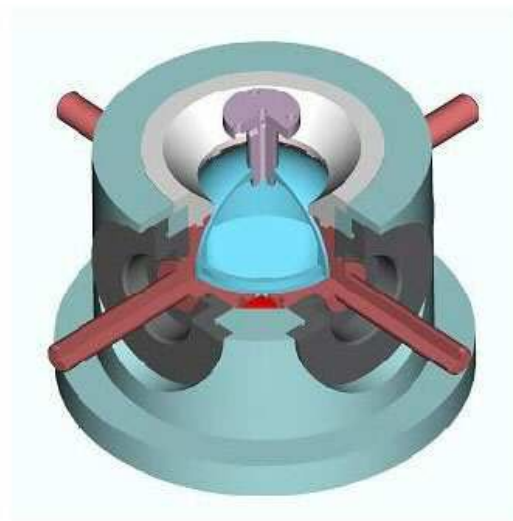
도면2



도면3

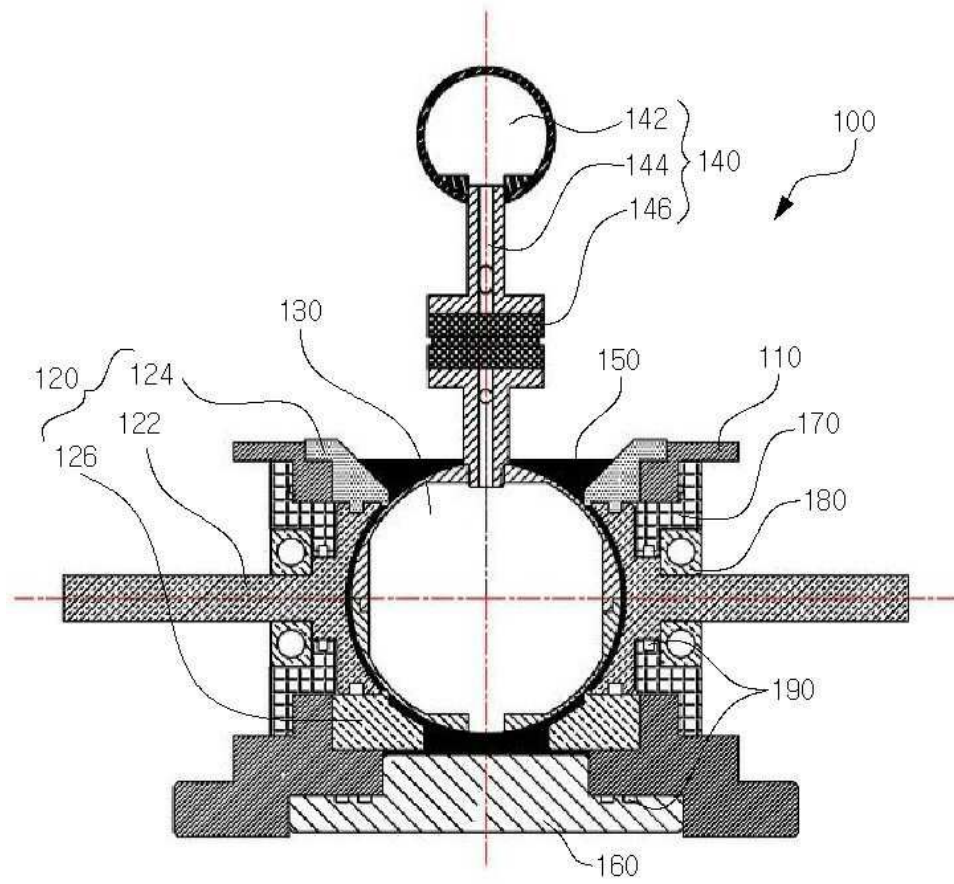


(a)

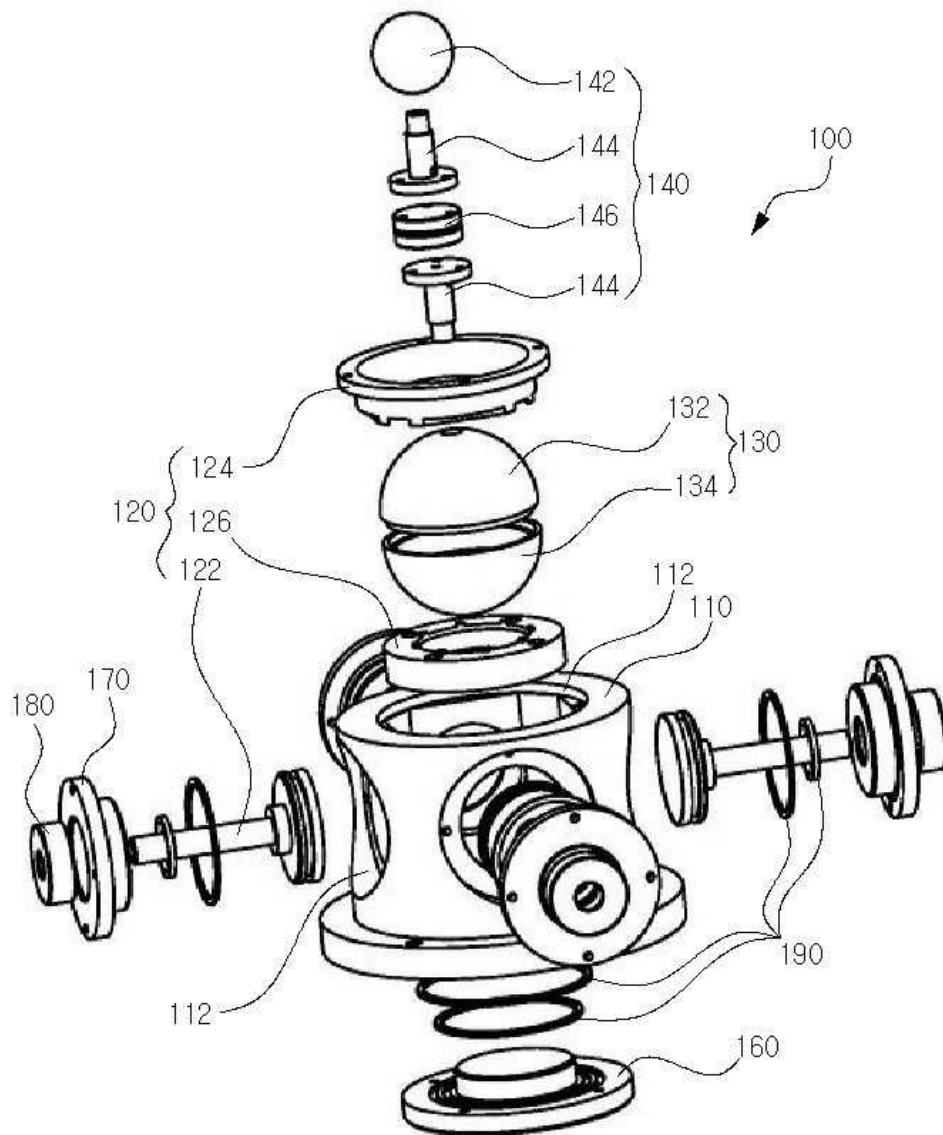


(b)

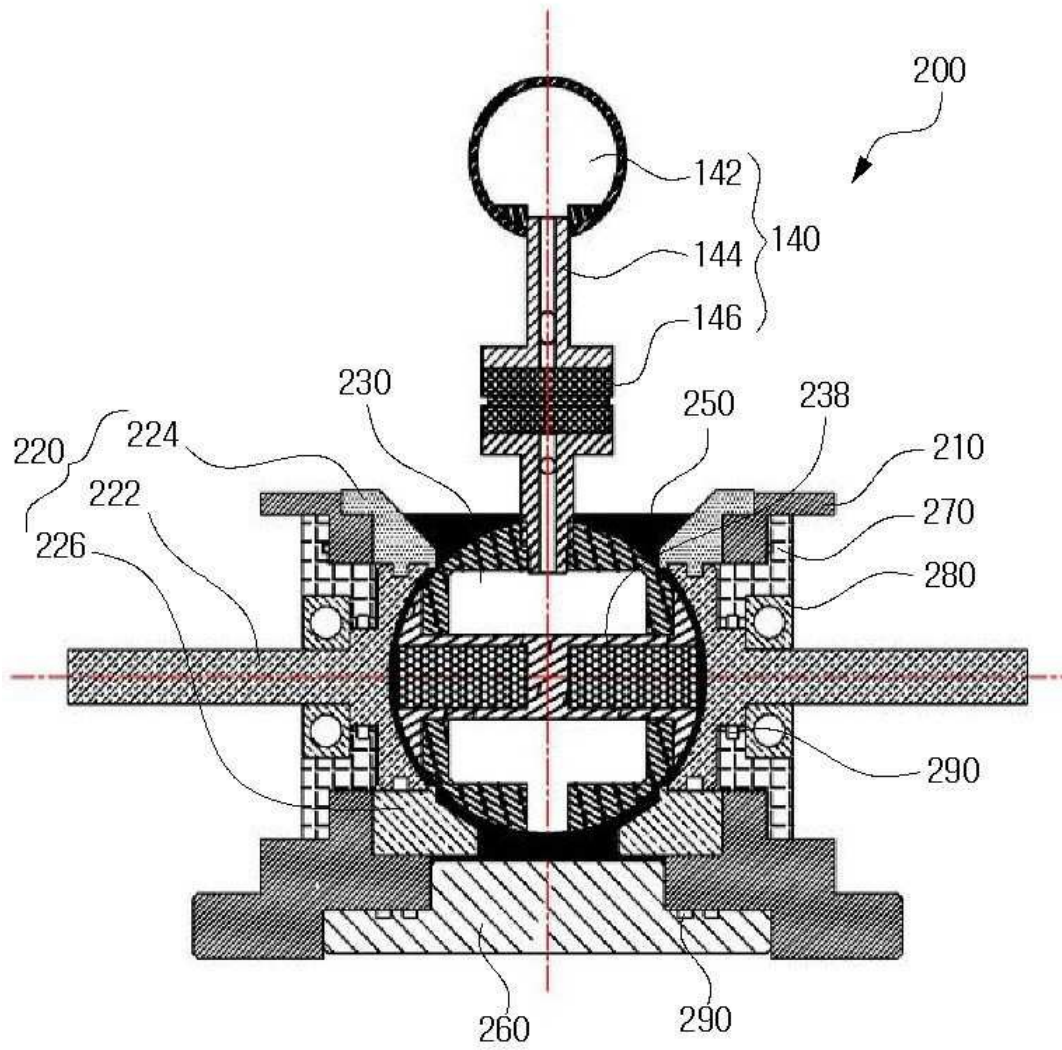
도면4



도면5



도면6



도면7

